



БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО ИНФОРМАЦИОННИ И
КОМУНИКАЦИОННИ ТЕХНОЛОГИИ

ПЕНКА ВЪЛКОВА ГЕОРГИЕВА

ИЗСЛЕДВАНЕ НА МОДЕЛИ
НА СОФТ КОМПЮТИНГ
ЗА УПРАВЛЕНИЕ В РЕАЛНО ВРЕМЕ

АВТОРЕФЕРАТ

ЗА ПРИСЪЖДАНЕ НА ОБРАЗОВАТЕЛНА И НАУЧНА СТЕПЕН „ДОКТОР“

ПРОФЕСИОНАЛНО НАПРАВЛЕНИЕ 4.6. „ИНФОРМАТИКА И КОМПЮТЪРНИ
НАУКИ“

ПО НАУЧНА СПЕЦИАЛНОСТ 01.01.12 „ИНФОРМАТИКА“

НАУЧЕН РЪКОВОДИТЕЛ: АКАД. ИВАН ПОПЧЕВ

София, 2013 г.

Глава 1. Увод. Цел и задачи на дисертацията

Финансово инвестиране

Понятието инвестиране в икономиката, управлението и финансите е свързано с отказ от сегашно потребление и придобиване на активи с цел получаване на бъдеща печалба.

Финансовата инвестиция представлява притежаване на финансови активи, които се дефинират като права върху парични суми или като права върху доходи и/или прираст на капитала [1]. В икономическата наука има различни подходи за подпомагане на процеса за вземане на инвеститорски решения, при което се използват предимно следните ключови икономически понятия: възвращаемост, риск, ликвидност и инвестиционен хоризонт.

1.1.1. Възвращаемост

Възвращаемостта често се определя като изменение на цената на даден актив за определен период от време, като за оценка на възвращаемостта на ценни книжа се използват основно два метода: историческа възвращаемост и очаквана възвращаемост.

1.1.2. Инвестиционен риск

За оценка на инвестиционния риск се използва основно отклонението на възвращаемостите от средната възвращаемост. При използване на исторически данни се пресмятат различни статистически измерители – размах, дисперсия, средноквадратично отклонение, β коефициенти, а в случай на използване на очаквани възвращаемости се пресмятат различни моменти на вероятностни разпределения.

1.1.3. Ликвидност

Ликвидността на даден актив отразява степента, в която този актив може да бъде купен или продаден за разумно време, без това да повлияе съществено на неговата цена. Активите с по-висока ликвидност се характеризират и с по-висока степен на търговска активност. Акциите са активи с относително висока ликвидност, като важен елемент от степента на ликвидност е цената на транзакциите.

1.1.4. Инвестиционен хоризонт

Всяка инвестиция е отказ от потребление и следователно отказ от ликвидност. При определени условия инвеститорият прекратява инвестицията, следователно всяка инвестиция има продължителност. При взимане на инвестиционни решения, очакваната продължителност на инвестицията (т.е. времето, за което е планиран отказ от ликвидност) се нарича инвестиционен хоризонт. След достигане на инвестиционния хоризонт, инвеститорият преоценява предходното решение и взема ново такова. [5]

1.2. Инвестиционни теории и модели

1.2.1. Портфейлна теория на Х. Марковиц (ПТ)

Основната концепция в предложената от Хари Марковиц теория [19] е, че възвращаемостите на ценните книжа са случайни величини и за тях могат да се пресметнат математическото очакване и средноквадратичното отклонение, като средноквадратичното отклонение е мярка за инвестиционния риск.

Очакваната възвращаемост за портфейл от m актива е:

$$E(R_p) = \sum_{j=1}^m E(r_j) \cdot x_j,$$

очакваният риск на портфейла е:

$$\sigma_p^2 = \sum_{j=1}^m \sigma_j^2 \cdot x_j^2 + \sum_{i=1}^m \sum_{\substack{s=1 \\ s \neq i}}^m \text{cov}(r_i, r_s) \cdot x_i \cdot x_s$$

където:

$E(R_p)$ е очаквана възвращаемост на портфейла;

$E(r_j)$ е очаквана възвращаемост на j -тия актив;

σ_p^2 е дисперсия на възвращаемостта на портфейла;

σ_j^2 е дисперсия на възвращаемостта на j -тия актив;

$\text{cov}(r_i, r_s) = E[(r_i - E(r_i))(r_s - E(r_s))]$ е ковариация между възвращаемостите на i -тия и s -тия активи;

x_j - дял на j -тия актив, като $\sum_{j=1}^m x_j = 1$ и $x_j \geq 0$.

Според ПТ задачата за избор на портфейл може да бъде формулирана като оптимизационна задача върху множеството на реалните числа, с квадратна целева функция и линейни ограничения [20] по следния начин:

$$\min \sigma_p^2 = \sum_{i=1}^m \sum_{s=1}^m \text{cov}(r_i, r_s) \cdot x_i \cdot x_s,$$

при условия:

$$E(R_p) = \sum_{j=1}^m E(r_j) \cdot x_j,$$

$$\sum_{j=1}^m x_j = 1,$$

$$0 \leq x_j \leq 1 \quad \text{за } j = 1, 2, \dots, m \quad (1.1)$$

Решенията на така формулираната оптимизационна задача формират ефективната граница, като всеки портфейл върху нея се нарича ефективен портфейл.

1.2.2. Модел за оценяване на капиталовите активи (МОКА)

МОКА е предложен от Трейнър [11], [26], Шарп [24], Линтнер [18]. За негова основа служи теорията на Марковиц за диверсификация на риска. Основна концепция на МОКА е пресмятането и използването на β коефициенти, които са мярка за систематичния риск и показват чувствителността на възвращаемостта на даден актив към пазарните изменения. С използването на β коефициентите решаването на портфейлната задача се опростява значително, тъй като се избягва пресмятането на корелациите в модела на Марковиц. Според МОКА β коефициентите отразяват риска, който не може да се диверсифицира и в този смисъл те са по-подходяща мярка за риска от средноквадратичното отклонение. От друга страна β коефициентът е показател за приноса на даден актив в общия риск на портфейла.

Според МОКА очакваната възвращаемост на даден актив се получава по формулата:

$$E(r_j) = R_f + \beta_j (E(R_M) - R_f) \quad (1.2)$$

където:

$E(r_j)$ е очакваната възвращаемост на j -ия актив;

R_f е възвращаемостта на безрисковия актив;

$$\beta_j = \frac{\text{cov}(r_j; R_M)}{\sigma_M^2} \text{ е } \beta \text{ коефициентът на } j \text{-я актив;}$$

$E(R_M)$ е пазарната възвращаемост;

σ_M^2 е пазарната дисперсия.

Уравнението (1.2) е известно като линия на пазара на ценни книжа и е главен резултат от МОКА. Ако портфейлът е ефективен, всеки актив от него ще заеме някаква точка от линията на пазара на ценни книжа, което означава, че връзката между очакваната възвръщаемост на даден актив и неговият принос за риска на портфейла, изразен от β , е линейна. Изразът $\{E(R_M) - R_f\}$ се нарича пазарна рискова премия.

В МОКА се приема, че портфейлът има възвръщаемост, която е свързана с пазара точно като при отделен актив, като стойността на β коефициента на портфейла е среднопретеглена на β коефициентите на всички активи от портфейла с тегла, съответно равни на дяловете им. Очакваната възвращаемост на портфейла се пресмята по формулата:

$$E(R_p) = R_f + \beta_p \{E(R_M) - R_f\} \quad (1.3)$$

Рискът при изменението на възвръщаемостта на портфейл от m инвестиции се пресмята по следната формула:

$$\sigma_p^2 = \beta_p^2 \sigma_M^2 + \sum_{j=1}^m x_j^2 \cdot \sigma_i^2, \quad (1.4)$$

където x_j е делът на j -я актив.

1.3. Някои нерешени или частично решени проблеми в инвестиционните теории и модели

При създаване на приложения за подпомагане на инвестиционните решения, базирани на разгледаните в 1.2 теории и модели възникват редица трудности и проблеми, например: с данните, с необходимите изчислителни ресурси, несъществуване на безрискови активи, кардиналност при конструирането на инвестиционен портфейл, несигурност и неопределеност на финансовите пазари.

А. Данни

При използване на исторически данни основен проблем е достъпът до надеждни данни за цените на активите. Официални данни се публикуват на страниците на съответните финансови институции, но първият възникващ проблем е как да бъдат извлечени тези данни. Втори проблем е в какъв формат да бъдат съхранени тези данни, така че да са подходящи за използване в съответно софтуерно приложение. Не помаловажен е и въпросът какъв да бъде обемът на съхраняваните и използвани данни.

Следващ проблем възниква при оценяването на характеристиките на активите в зависимост от честотата на събиране на данните. Често използваните във финансовата практика средноаритметична величина за оценка на възвращаемостта и съответното средноквадратично отклонение са удобни от статистическа и изчислителна гледна точка, но от инвестиционна не дават информация за истинското изменение на капитала. Използването на средногеометрична величина дава нужната информация, но изисква внимателни и прецизни математически изчисления.

Не на последно място стои проблемът с неравните интервали от време между последователните наблюдения или накратко „липсващи данни“, за чието възникване има поне три различни причини: първо, различните борси имат различни почивни и

празнични дни, в които няма сделки; второ, има дни, в които даден актив не е търгуван и трето – активът е заличен от борсата по някаква причина.

Съществуват разнообразни подходи за решаване на проблема с липсващите данни, например: изменяне на минималната сингулярна стойност на ковариационната матрица [6], оценяващи функции, модификация на метода на Надарая-Уотсън, невронни мрежи и много други.

От практическо значение при избора на подход за решаване на проблема с липсващите данни е доколко избраната процедура води до голям обем допълнителни изчисления, което е пряко свързано с използваните изчислителни ресурси.

Б. Изчислителни ресурси

Бързината, с която инвеститорът има възможност за оценка на ситуацията (времето за анализ, вземане и реализиране на инвеститорското решение в бързо променящата се икономическа среда) е от съществено значение.

В ПТ за портфейл от m на брой актива се пресмятат $\frac{m^2 - m}{2}$ на брой ковариации и тъй като с увеличението на броя на активите в портфейла, съответният брой на ковариациите става значително по-голям от броя на активите (примерно при 90 актива ковариациите са 4005), то решаването на оптимизационната задача за минимизиране на риска при конструиране на портфейл изисква огромни изчислителни ресурси, което от своя страна налага силни ограничения върху броя на използваните активи.

В МОКА пазарният портфейл M трябва да съдържа всички рискови инвестиции и тогава използването на който и да е пазарен индекс е несъстоятелно, защото повечето пазарни индекси се състоят от някои (а не от всички) активи. Наблюдаването на характеристиките на пазарен портфейл, съставен от всички активи е свързано с използването на толкова големи изчислителни ресурси, че е практически невъзможно.

От друга страна, ако за пресмятане на характеристиките на всеки портфейл са нужни μ на брой операции и за конструиране на всеки от възможните портфейли се използват η на брой операции, то за получаване на всички възможни портфейли са нужни η^m операции и тогава общият брой на операциите е $\mu\eta^m$. Необходимото време за извършване на тези операции е равно на $\frac{\mu\eta^m}{v}$, където v е скоростта на използваната машина. Ако се приеме, че $v = 2,4 \times 10^{12} \text{ flop/sec}$ (скоростта на Cray T3E), $\mu \approx 400$, $m = 30$ и $\eta = 100$, то необходимото време е $\frac{400 \cdot 100^{30}}{2,4 \cdot 10^{12}} \approx 1,67 \cdot 10^{50}$ sec или приблизително $5,3 \cdot 10^{42}$ години.

В. Безрискови активи

Важно условие в МОКА е съществуването на безрискови активи. Практиката на финансовите пазари през 2007-2012 показва, че това условие е несъстоятелно.

Г. Кардиналност

Приемането, че няма допълнителни ограничения за частта, която може да се вложи в даден актив е нереалистично. При реално търгуване на фондовата борса не всяка комбинация от ценни книжа е възможна. От една страна с дадена сума не винаги може да се купят целочислен брой активи, а от друга – в даден момент желаният актив

може да не се продава или да се продава в количества, различни от получените в модела.

Д. Несигурност и неопределеност на финансовите пазари

В цените на активите, търгувани на фондовите пазари намират отражение огромен брой фактори: политически и икономически решения на правителствата, финансови интереси на компаниите, теории, стратегии, прогнози, действия и очаквания, психологически реакции на борсовите играчи, не на последно място природни катаклизми и бедствия. Тези фактори постоянно си взаимодействат, защото всички (регулаторни органи, правителства, банкери, инвеститори и анализатори) са участници в този процес на вземане на решения в среда, зависеща от безброй фактори, включително и от техните собствени действия. Несигурността и неопределеността са неизбежен факт от реалността на финансовите пазари. Тази несигурност не може да бъде изучена и избегната напълно, най-малкото поради факта, че е невъзможно да се проведат експерименти при напълно идентични условия - състоянието на глобалната финансова система във всеки момент е уникално и различно от предходното.

В МПТ, МОКА и други модели се използва предположението, че очакваните възвращаемости на отделните ценни книжа имат нормално или друго вероятно разпределение.

Емпиричните изследвания обаче показват, че това предположение не е изпълнено [2], [4], [8], [12]. При проверка на хипотезите за съществуване на нормално или лог-нормално разпределение съответно на възвращаемостите и на техните логаритми могат да бъдат използвани различни статистически тестове. В [2] за проверка на хипотезата за нормално разпределение на логаритмичните възвращаемости са използвани тест на Колмогоров-Смирнов при нива на значимост $\alpha = 0,01; 0,05; 0,1$ и тест на Жарк-Бера. При теста на Колмогоров-Смирнов хипотезата за нормално разпределение на логаритмичните възвращаемости на акциите търгувани на БФБ се отхвърля при всяко от трите нива на значимост. При теста на Жарк-Бера се оценява ексцеса и асиметрията на разпределението на емпиричните данни. Емпиричните данни показват, че и асиметрията и ексцеса на логаритмичните възвращаемости се различават от тези на нормално разпределени величини.

Софт компютинг е едно направление на съвременния изкуствен интелект, предлагащо средства за моделиране на подобни ситуации.

1.4. Софт компютинг като направление в изкуствения интелект

1.4.1. Изкуствен интелект

Изкуственият интелект (ИИ) е направление в компютърната наука. Терминът изкуствен интелект е въведен от Джон Макарти през 1956 като „науката за създаване на интелигентни машини” [21]. Исторически изкуственият интелект възниква от опитите за формализиране на човешкото знание със средствата на математическата логика и първоначално се прилага за доказване на теореми и за моделиране на игри. Основа на изкуствения интелект стават различни науки: философия, математика, алгоритми, логика, психология, информатика, лингвистика, но постепенно това направление се обогатява с други обекти на изследване и други средства [17].

В настоящия момент изкуственият интелект е съвкупност от традиционния изкуствен интелект, обогатен с различни методологии за числено пресмятане, като обект на изкуствения интелект (за разлика от неизкуствения интелект) стават основно онези задачи, за които липсват директни математически или логически алгоритми и могат да бъдат решавани само интуитивно. Към традиционните базисни за изкуствения

интелект науки се добавят нови: компютърни науки, неврология, когнитивна наука, онтология, изследване на операциите, икономика, вероятности, оптимизиране и други.

Областите на приложение на средствата на изкуствения интелект са изключително разнообразни: експертни системи, игри, доказателство на теореми, обработка на естествени езици, разпознаване на образи, роботика, навигация, системи за управление, системи за планиране, дейта майнинг, логистика и много други. [3]

1.4.2. Софт компютинг

През 1991 Заде въвежда идеята за софт компютинг в опит за създаване на нов вид изкуствен интелект.

На 13.03.1991 на конференцията на Industrial Liason Program (ILP) в Бъркли е създадена организацията Berkley Initiative on Soft Computing (BISC).

Основният принцип на софт компютинга, дефиниран от BISC, е:

Като се използва допустимата степен на неточност, несигурност, частична истинност и приближение, да се постигне ясно, стабилно и на ниска цена решение на фундаментални проблеми, свързани със съвременното технологично развитие и така да се компенсира липсата на изискваната интелигентност в сегашните информационни технологии, така че да позволи човешка функционалност, т.е. човешкият мозък да бъде използван за модел. [32]

Софт компютингът, според BISC, се състои от

- размити системи, включващи размита логика и играещи водеща роля;
- еволюционно пресмятане, включващо генетични алгоритми;
- изкуствени невронни мрежи;
- машинно обучение;
- вероятностни изводи,

като тези методологии се допълват за създаване на системи с висок MIQ (Machine Intelligence Quotient). [32]

Основните идеи на софт компютинга са основани на концепцията за размити множества, предложени от Заде през 1965 [29]. През 1973 Заде въвежда правила за дефиниране на лингвистични променливи и пресмятане на ако-то правила [31]. Приложение на размитата логика за вземане на решения предлагат Заде и Белман [30]. През 1979 Заде дава идеи за правене на изводи и дедуктивни разсъждения от приблизителна информация [28]; 1981 – публикува теория на възможностите и софтдейта анализ, през 1991 дава идея за софт компютинг; в 1999 – изчисления с думи и единна теория на несигурността, в 2005 публикува обобщена теория на несигурността.

Размитата логика е основата на софт компютинга. Към размитата логика първо са добавени невронни мрежи, а по-късно и еволюционни пресмятания и вероятностни изводи и други.

През 1983 Кр. Атанасов предлага идеята за интуиционистки размити множества [9], в които освен степен на принадлежност е добавена и степен на непринадлежност. Едни от важните резултати са свързани с въведените от Кр. Атанасов оператори: модалните оператори *необходимо*; *възможно*; обобщаващ ги модален оператор и други. Теорията на интуиционистки размитите множества претърпява интензивно и продължаващо развитие.

К. Пеева въвежда и изследва размити крайни автомати, размити линейни системи и е един от създателите на MATLAB Fuzzy Relational Calculus Toolbox [22].

1.5. Компютърни системи, работещи в реално време

Съществуват различни дефиниции за компютърни системи, работещи в реално време. Общото в тези дефиниции е, че системата трябва да спазва определени условия и ограниченията във времето, за да бъдат получени коректни и надеждни резултати от работата ѝ.

Времето между въвеждането на входните данни и получаването на всички изходни резултати се нарича време за *реакция* на компютърната система.

Компютърна система оперира в реално време, ако удовлетвори специфичните ограничения за времето за реакция, а ако не успее - надеждността при използването на тази система е под въпрос, което в някои случаи може да доведе и до сериозни опасности както за самата система, така и за потребителя.

Проектирането и реализирането на системи, работещи в реално време, изисква внимание в няколко посоки:

- избор на хардуер и софтуер и оценка на цената на търсеното решение, включително и възможност за разпределени системи и въпроси, свързани с паралелни алгоритми и синхронизация на процесите;
- разбиране на особеностите на езиците за програмиране, свързани с превода на машинен език;
- максимизиране на толеранса към грешка и максимизиране на надеждността;
- проектиране и администриране на тестове;
- използване на технологията „отворен код“;
- измерване и предвиждане на времето за реакция и намаляването му чрез анализ на операциите.

Съществуват компютърни системи в реално време, реализирани на различни програмни езици: C, C++, C#, Java, Fortran, Pascal, Ada95, асемблер и пр. Изборът на език е пряко свързан с целите на конкретното приложение

1.6. Цел и задачи на дисертационния труд

Дисертационният труд е насочен към създаване и изследване на модели за управление на финансови активи в реално време, в които се използват средства на софтуерен компютинг за моделиране на неопределености от размит вид.

Основните *проблеми* на управлението на финансови активи, могат да бъдат групирани както следва:

- събирането, съхраняването и анализиране на данните за цените на активите трябва да бъде в реално време с използване на достъпни изчислителни ресурси, за да може инвеститорът да вземе адекватно решение при управление на инвестицията;
- при портфейлна инвестиция е важно да се отчете проблемът с кардиналността;
- събитията на финансовите пазари не могат да бъдат повторени и предвидени, а несигурността и неопределеността са неизбежни на финансовите пазари. Софтуерен компютинг предлага средства за моделиране на подобни ситуации.

Целта на дисертационния труд е да се създадат, реализират и тестват модели, основани на средствата на софтуерен компютинг, за конструиране на портфейл с ограничени финансови ресурси.

За постигане на посочената цел са поставени следните *основни задачи*:

(1) автономно събиране на данни за цени на активи в реално време; отчитане на проблема с липсващите данни; прецизиране на оценките на

характеристиките на активи при дневни наблюдения с равни и неравни интервали от време между наблюденията;

(2) анализ на данните със средствата на размитата логика за оценка на възвращаемостта и риска на активи;

(3) отчитане на проблема с кардиналността при конструиране на портфейл с ограничени ресурси;

(4) създаване на софтуерна система;

(5) тестване на софтуерната система с реални данни.

При реализиране на описаните задачи се налагат следните **ограничения**:

- при решаване на така дефинираните задачи се приема, че редиците от цени на активи съдържат достатъчно информация за моментното състояние на макро и микроикономическите фактори. Тази информация може да се анализира и да се направят достатъчно добри краткосрочни предвиждания за бъдещите изменения на цените, които да подпомогнат процеса на вземане на инвестиционни решения;

- за провеждане на тестовете на моделите и софтуерната система са избрани акции, тъй като те са финансови активи с относително висока ликвидност и могат да са подходящи за краткосрочно инвестиране;

- времевият хоризонт на инвестициите е 1-3 месеца. Това са краткосрочни инвестиции, подходящи за по-консервативни инвеститори, а не за спекулиране на фондовата борса;

- при реалните експерименти наблюдаваните активи са всички акции, търгувани на БФБ-София АД, като данни за цената при затваряне се свалят ежедневно и се използват като входящи данни;

- приема се, че няма ограничения за купуване на желан брой акции.

Глава 2. Финансови активи. Размити системи

2.1. Оценяване на финансови активи

2.1.1. Характеристики на финансов актив

2.1.1.1. Възвращаемост на финансов актив

Нека A е финансов актив, за който са известни историческите данни за котировките в края на всеки от T последователни момента, т.е. известна е редицата $P(1), P(2), \dots, P(T)$, където $P(t)$ е пазарната цена на актива в момент t за $t = 1, 2, \dots, T$, като интервалите от време между моментите $t-1$ и t са равни помежду си. Тогава според [10]:

възвращаемостта¹ на A за периода $[t-1; t]$ е

$$r(t) = \frac{P(t)}{P(t-1)} \quad (2.1)$$

и нормата на възвращаемост^{2,3} за същия период е

1 Величината може да бъде записана в проценти след умножение със 100%.

2 Величината може да бъде записана в проценти след умножение със 100%.

3 Като синоним на „норма на възвращаемост“ се използва и терминът „доходност“.

$$r_N(t) = r(t) - 1 = \frac{P(t)}{P(t-1)} - 1 = \frac{P(t) - P(t-1)}{P(t-1)} \quad (2.2)$$

за $t = 2, \dots, T$.

При оценяване на възвращаемостта за периода $[1; T]$ може да бъде използвана средно аритметичната стойност на възвращаемостите

$$R = \frac{1}{T-1} \sum_{t=2}^T r(t) = \frac{1}{T-1} \sum_{t=2}^T \frac{P(t)}{P(t-1)} \quad (2.3)$$

или средно аритметичната стойност на нормите на възвращаемост

$$R_N = \frac{1}{T-1} \sum_{t=2}^T r_N(t) = \frac{1}{T-1} \sum_{t=2}^T (r(t) - 1) = \frac{1}{T-1} \sum_{t=2}^T r(t) - \frac{T-1}{T-1} = R - 1. \quad (2.4)$$

Въпреки лекотата, с която се пресмятат средноаритметичните величини, в случая на оценка на финансов актив по-информативна е средногеометричната величина, тъй като показва на инвеститора изменението на инвестираната сума. Тогава за периода $[1; T]$ са в сила следните формули:

средногеометричната възвращаемост е равна на

$$R_g = \sqrt[T-1]{\prod_{t=2}^T r(t)} = \sqrt[T-1]{\frac{P(T)}{P(1)}} \quad (2.6)$$

средногеометричната норма на възвращаемост е равна на

$$R_{gN} = R_g - 1 = \sqrt[T-1]{R_T} - 1 \quad (2.7)$$

За пресмятане на средноквадратичното отклонение като мярка на отклонение от средноаритметичната величина е подходящо геометричните възвращаемости да се логаритмуват, при което за периода $[1; T]$ при $t = 2, \dots, T$ се получават следните величини:

логаритмична възвращаемост:

$$\ln(r(t)) = \ln\left(\frac{P(t)}{P(t-1)}\right) \text{ за подпериода } [t-1; t], \quad (2.8)$$

логаритмична средногеометрична възвращаемост

$$\overline{R^*} = \ln(R_g) = \ln\left(\sqrt[T-1]{\prod_{t=2}^T r(t)}\right) = \frac{1}{T-1} \sum_{t=2}^T \ln(r(t)): \quad (2.9)$$

В сила е равенството

$$R_g = e^{\overline{R^*}}. \quad (2.10)$$

Обща възвращаемост при дневни наблюдения с неравни интервали от време между наблюденията

При използване на дневни наблюдения за цени на акции в редицата $P(1), P(2), \dots, P(T)$ понякога има липсващи данни, т.е. интервалите от време между наблюденията не са равни. Този проблем е дискутиран в 1.3. Един възможен подход за

преодоляване на този проблем е формулите да се коригират, както е предложено в [12] и [16] :

$$R_g = \sqrt[k]{\prod_{t=2}^T r(t)} = \sqrt[k]{\frac{P(t)}{P(1)}} \quad (2.6')$$

$$R_{gN} = R_g - 1 \quad (2.7')$$

$$\overline{R^*} = \ln(R_g) = \ln\left(\sqrt[k]{\prod_{t=2}^T r(t)}\right) = \frac{1}{k} \sum_{t=2}^T \ln r(t) \quad (2.9')$$

където Δ_t е броят на дните между наблюденията $P(t-1)$ и $P(t)$, и $k = \sum_{t=2}^T \Delta_t$.

Друг възможен подход е използваният в настоящата дисертация, а именно всяка цена да се „дописва” до момента, в който е осъществена нова сделка за съответния актив.

Годишна възвращаемост при дневни наблюдения с неравни интервали от време между наблюденията

При вземане на инвестиционни решения е подходящо да се използва сравнителна мярка за оценяване на активите и за целта може да бъде използвана годишната възвращаемост на активите или годишната им норма на възвращаемост.

Тези величини се получават от логаритмичната средногеометрична възвращаемост, като годишната норма на възвращаемост е равна на

$$ANR = \left(e^{(T-1)\overline{R^*}} - 1 \right) \cdot \frac{D}{T-1}, \quad (2.11)$$

където D е броят на дните във финансовата година и годишната възвращаемост е равна на

$$AR = ANR + 1. \quad (2.12)$$

2.1.1.2. Риск на актив

В процеса на вземане на инвестиционно решение освен оценка на постигнатата възвращаемост е важно да има достоверна оценка и за нейното изменение. В инвестиционната теория често използвана мярка за риска е дисперсията на възвращаемостта.

Подходяща мярка на колебанията на възвращаемостите е средноквадратично отклонение s , което се пресмята по следните формули:

при използване на средноаритметичната на възвращаемостите

$$s_a = \sqrt{\frac{1}{T-2} \sum_{t=2}^T (r(t) - R)^2} \quad (2.13)$$

и при логаритмична средногеометрична възвращаемост

$$s_g = \sqrt{\frac{1}{T-2} \sum_{t=2}^T (\ln(r(t)) - \overline{R^*})^2}. \quad (2.14)$$

Коефициент *q-ratio*

При сравняване и избор на активи с различни възвращаемост и риск е подходящо да бъде използвана и една допълнителна величина, която да дава възможност да бъде измерена получената възвращаемост за единица поет риск.

Такава величина може да бъде частното на възвращаемостта и риска. Тъй като основна цел на всеки инвеститор е постигане или на максимална възможна

възвращаемост или на минимално възможен риск, то частното на двете величини също следва да е максимално възможно.

В настоящата дисертация като такава допълнителна характеристика на активите е използван вариант на коефициента на Шарп [25], а именно коефициентът q – *ratio* :

$$q = \frac{AR}{s_g}, \quad (2.15)$$

където:

AR е годишната възвращаемост, получена по формула (2.12) от логаритмичната средногеометрична възвращаемост $\overline{R^*}$ и

s_g е средноквадратичното отклонение на възвращаемостите, получено по формула (2.14).

Възможно е използването и на други допълнителни характеристики, като например коефициента на вариация, ковариациите на възвращаемостите и т.н.

2.1.2. Инвестиционен портфейл без къси продажби

Инвестиционният портфейл е специфичен вид инвестиция, която се състои от няколко актива с различни характеристики. Важно е да се подчертае, че инвестиционният портфейл не е просто съвкупност от ценни книжа - значение имат не само характеристиките на отделните ценни книжа, а и взаимовръзките между тези характеристики (пр. ковариациите на възвращаемостите).

Изграждането и управлението на инвестиционен портфейл е метод за управление на инвестиционния риск, като за разлика от диверсификацията, целта не е механично увеличаване на броя на инвестиционните носители, а чрез разглеждане на портфейла като динамична съвкупност от различни активи да се достигне желаната възвращаемост. [5]

2.1.2.1. Конструиране на инвестиционен портфейл без къси продажби при ограничени финансови ресурси

За целите на изследването е използвана следната математическа формулировка на задачата за конструиране на портфейл без къси продажби при ограничени финансови ресурси.

Нека в момента t_0 е налична първоначална сума S_0 . Целта на инвестирането е след даден период от време Δt тази сума да нарасне до $S^* = S_0(1 + R^*)$, където R^* е желаната възвращаемост.

Нека A_1, A_2, \dots, A_m са финансови активи.

Задачата е да се конструира съвкупност от тези активи със съответни дялове x_1, x_2, \dots, x_m , така че в момента $t^* = t_0 + \Delta t$ да са изпълнени следните условия:

$$\sum_{j=1}^m v_j \cdot P_{j0} \leq S_0 \quad (1)$$

$$v_j \geq 0, \quad (2)$$

$$v_j - \text{цяло число}, \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^m x_j \cdot r_j^* \geq R^*, \text{ като } x_j = \frac{v_j \cdot P_{j0}}{\sum_{j=1}^m v_j \cdot P_{j0}}; \quad (4)$$

където x_j е относителният дял на участие на актива A_j в портфейла, $j = 1, 2, \dots, m$;

r_j^* е възвращаемостта на актива A_j в момента t^* ;

P_{j0} е цената на актива A_j в момента t_0 ;

v_j е броят на включените в p акции от актива A_j за $j = 1, 2, \dots, m$.

Съвкупността $p = (x_1; x_2; \dots; x_m)$, получена като решение на така формулираната задача, в настоящата дисертация се разглежда като финансов портфейл.

Основна роля за определяне на дяловете x_j на съответните активи играят величините r_j^* . Тъй като това са възвращаемости за бъдещ момент, то те са неизвестни величини. Каквито и методи да се използват при оценяване или предвиждане на тези бъдещи възвращаемости, винаги съществува разлика между оценката им и реалните им стойности.

При оценка на характеристиките на инвестиционния портфейл са възможни различни подходи в зависимост от метода на определяне на характеристиките на отделните активи и от използвания теоретичен модел. За целите на настоящото изследване възвращаемостта на портфейла е разгледана като линейна комбинация на възвращаемостите на включените в него активи, а портфейлният риск е представен като средноквадратично отклонение.

2.1.2.2. Възвращаемост на инвестиционен портфейл

Възвращаемостта R_p на инвестиционен портфейл се пресмята по формулата:

$$R_p = \sum_{j=1}^m x_j \cdot r_j \quad (2.16),$$

където r_j е възвращаемостта на j -тия актив. За целите на настоящата дисертация като оценка на възвращаемостта е използвана средногеометричната възвращаемост R_g , пресметната по формула (2. 6').

2.1.2.3. Риск на инвестиционен портфейл

Средноквадратичното отклонение е равно на:

$$s_p = \sqrt{\sum_{j=1}^m x_j \cdot (r_j - R_p)^2} \quad (2.17)$$

2.1.2.4. Коефициент q -ratio за портфейл

Коефициентът q -ratio е оценка на отношението на възвращаемостта и риска на портфейла:

$$q_p = \frac{R_p}{s_p} \quad (2.18)$$

2.2. Решаване на портфейлната задача в реално време

Разработките за вземане на инвестиционни решения в реално време са концентрирани предимно върху предоставяне и обработка на финансови данни в реално време, но не предлагат цялостно решение на портфейлната задача.

Съществуват и различни софтуерни системи, които предлагат използването на множество инструменти и различни възможности, които могат да бъдат използвани за подпомагане вземането на инвестиционни решения (пр. [34], [35], [36]), но в нито една от тях не се коментира въпросът за решаване на портфейлната задача в реално време.

В областта на портфейлните инвестиции интерес представлява предложената през 2002 система с обектно-ориентирана база от знания, чийто домейн е описан с йерархични класове и съдържа уеб агенти за достъп до нужната информация [27]. В тази система е въведена концепция за спешност при вземане на инвестиционните решение, с помощта на която наличните изчислителни ресурси се преразпределят.

Портфейлната оптимизация като информационна услуга в интернет е публикувана в монографията на Т. Стоилов [6]. В този труд са изследвани тенденциите на развитие и приложение на информационните услуги в Интернет. На тази основа е развит информационен и алгоритмичен модел за обработка на сложно структурирани данни, удовлетворяващ изискванията за изпълнение в реално време. Конкретна цел е създаване на информационна услуга за оптимизиране на финансови инвестиции. За изпълнението на алгоритмичната обработка на данните са проектирани и реализирани методи за квадратично програмиране, известни в йерархичните системи като неитеративна координация. Математически са изведени модели на портфейлна оптимизация с няколко времеви хоризонта, модел с къси продажби, модел с дълги продажби. Създадена е онлайн система (<http://hs9.iccs.bas.bg/>) за консултантски услуги и портфейлна оптимизация в процеса на финансово инвестиране.

Глава 3. Размита система за изводи

3.1. Размити системи и размити експертни системи

3.1.1. Принципи на създаването на размита система за изводи

Размита система за изводи (fuzzy inference system=FIS) е изчислителна структура, основана на теорията на размитите множества, правила от вида *АКО-ТО* и размитата логика. Тъй като размитите системи за изводи имат разнообразна структура и предназначение, за тях се използват различни наименования като: размита експертна система, размит модел, размита асоциативна памет, контролер с размита логика, размита система и др.

Основната структура на размита система съдържа три концептуални компонента:

- база от правила, където са включени всички размити правила за вземане на решения;
- база от данни (речник), където са дефинирани всички функции на принадлежност, използвани в размитите правила;
- апарат за изводи, който изпълнява процедурата за вземане на решения от правилата и дадените факти, за да се получи коректен изход или заключение;

и задължително съдържа четири основни модула:

- модул за размиване и размити променливи за вход;
- база от размити правила;
- машина за размити изводи;
- модул за деразмиване и размити променливи за изход.

3.1.2. Видове размити системи

Според предназначението си размитите системи се разделят основно на системи за управление и диагностика и системи за подпомагане процеса за вземане на решения.

Според изходните променливи основните видове размити системи са от тип: Мамдани, Сугено и Цукамото.

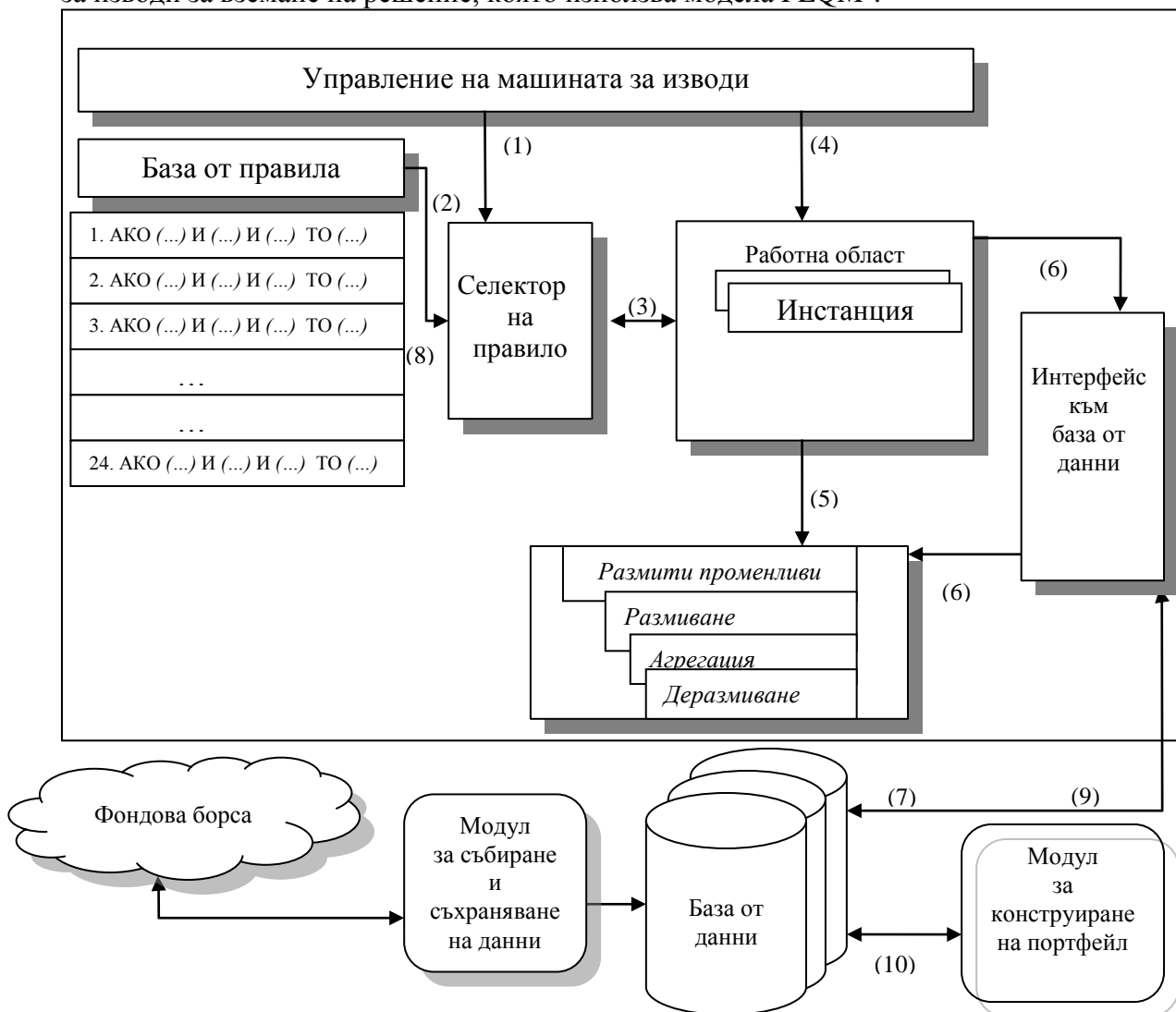
3.2. Размита система за изводи, използваща модела FLQM за оценка на финансово активи

3.2.1. Архитектура на размитата система

При проектирането на предложената в тази дисертация размита система за изводи са следвани четирите етапа на процеса за получаване на изводи:

- изчисляване на входните данни за всяко правило;
- получаване на извод за всяко правило;
- агрегиране на всички изводи;
- деразмиване.

На фигура 3.2 е показана схема на архитектурата на създадената размита система за изводи за вземане на решение, която използва модела FLQM⁴.



Фигура 3.2. Управление на размита система за изводи, основана на модела FLQM:

- (1) активиране на селектора;
- (2) избор на правило;
- (3) копиране на шаблона;
- (4) активиране на правилото;

⁴ Моделът FLQM е описан в т. 3.2.2.

- (5) обръщане към Модул *Размита логика: Размити променливи, Размиване, Агрегация, Деразмиване*;
- (6) връзка с интерфейса;
- (7) четене от базата от данни;
- (8) обработване на следващото правило;
- (9) записване на резултата в базата от данни;
- (10) конструиране на портфейл.

Модулът за събиране и съхраняване на данни⁵, се обръща към съответната страница на фондовата борса. Получените от там данни и допълнително изчислените им характеристики се записват в базата данни. След това управлението на машината за изводи активира селектора на правило, като в базата от правила има 24 правила, които се избират последователно. Избраното правило се копира в работната област и се създава негова инстанция, като се задействат изчислителните процедури, свързани с размиване на входните променливи и получаването на извод от всяко правило.

След изпълнение на всички правила следва агрегация и деразмиване.

Интерфейсът реализира връзката между базата от данни и размитата машина за изводи.

3.2.2. FLQM модел за оценка на финансови активи

3.2.2.1. Библиотека Функции на принадлежност

При реализацията на модела FLQM е предвидено да има възможност за използване на различни функции за принадлежност и различни методи за агрегация и деразмиване, т.е. е създадена като отделен модул библиотека *Функции на принадлежност*.

3.3.2.2. Лингвистични променливи

Получените от базата от данни стойности на входните променливи за всеки актив се размиват, т.е. се пресмята степента на принадлежност към всеки от термите на съответните входни лингвистични променливи.

В модела FLQM има три входни променливи: възвращаемост, риск и *q-ratio* и една изходна променлива - *Q-measure*.

Съответните лингвистичните променливи са:

$$X_1 \triangleq \text{return}; X_2 \triangleq \text{Risk}; X_3 \triangleq \text{q-ratio}; Y \triangleq \text{Q-measure}.$$

Дефиниционните множества на четирите лингвистични променливи съвпадат с множеството от реални числа, т.е. $U_{X_1} = U_{X_2} = U_{X_3} = U_Y = R$.

Терм-множествата на тези лингвистични променливи са съответно $T(X_1) = \{X_{1j}\}$, $T(X_2) = \{X_{2j}\}$, $T(X_3) = \{X_{3k}\}$, $T(Y) = \{Y_j\}$ за $j=1, \dots, 5$; $k=1, 2, 3$ и

$$X_{ij} \triangleq \begin{pmatrix} \text{Very low} & i = 1, 2 & j = 1 \\ \text{Low} & i = 1, 2 & j = 2 \\ \text{Neutral} & i = 1, 2 & j = 3 \\ \text{High} & i = 1, 2 & j = 4 \\ \text{Very high} & i = 1, 2 & j = 5 \\ \text{Small} & i = 3 & j = 1 \\ \text{Neutral} & i = 3 & j = 2 \\ \text{Big} & i = 3 & j = 3 \end{pmatrix}; \quad Y_j \triangleq \begin{pmatrix} \text{Bad} & j = 1 \\ \text{Not bad} & j = 2 \\ \text{Neutral} & j = 3 \\ \text{Good} & j = 4 \\ \text{Very good} & j = 5 \end{pmatrix}$$

⁵ Модулът за събиране и съхраняване на данните, както и модулът за конструиране на портфейл, е описан в следващата глава.

За дефиниране на функциите на принадлежност (MF) в FLQM модела се използват следните три вида функции:

$$\mu_G(x) = gaussian(x, \beta, \alpha); \mu_B(x) = bell(x, \alpha, \beta, \gamma); \mu_S(x) = sig(x, \alpha, \beta).$$

Съответните стойности на параметрите на тези функции за съответните терми са показани в таблица 3.2.

Терми	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{25}
MF	$\mu_S(x)$	$\mu_G(x)$	$\mu_G(x)$	$\mu_G(x)$	$\mu_S(x)$	$\mu_S(x)$	$\mu_G(x)$	$\mu_G(x)$	$\mu_G(x)$	$\mu_S(x)$
α	-20	0.05	0.08	0.05	20	-2	0.05	0.07	0.05	2
β	0	0	1.1	1.2	1.3	0	0.1	0.3	0.5	0.7

Терми	X_{31}	X_{32}	X_{33}	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5
MF	$\mu_S(x)$	$\mu_B(x)$	$\mu_G(x)$	$\mu_G(x)$	$\mu_G(x)$	$\mu_G(x)$	$\mu_G(x)$	$\mu_G(x)$
α	-0.3	20	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
β	20	4	60	0	0.25	0.5	0.75	1
γ		40						

Таблица 3.2. Вид и параметри на функциите на принадлежност на термите на лингвистичните променливи

3.3.2.3. Размити правила

В модела FLQM е използвана размита система за изводи от тип Мамдани (MFIS). Като резултат от действието на такава система се получава размита изходна променлива и това е основната причина, поради която MFIS са широко използвани в приложенията за подпомагане вземане на решения [4], [14].

Размитите правила моделират процеса за вземане на решения и в случая имат вида:

$$\text{АКО } (r^* \in X_{1i}) \text{ И } (s^* \in X_{2j}) \text{ И } (q^* \in X_{3k}) \text{ ТО } (Q - \text{measure} \in Y_p)$$

за $i=1, \dots, 5; j=1, \dots, 5; k=1, \dots, 3$ и $p=1, \dots, 5$.

Тъй като моделът FLQM има три входни променливи със съответно 5, 5 и 3 терма, то всички възможни правила са 75. От тях са избрани 24, при което е следвано експертно мнение. Въпреки че тези правила адекватно описват най-важните ситуации, които биха могли да възникнат в процеса на вземането на инвестиционно решение, списъкът на размитите правила може да бъде удължен, без да се налага промяна на архитектурата на модела.

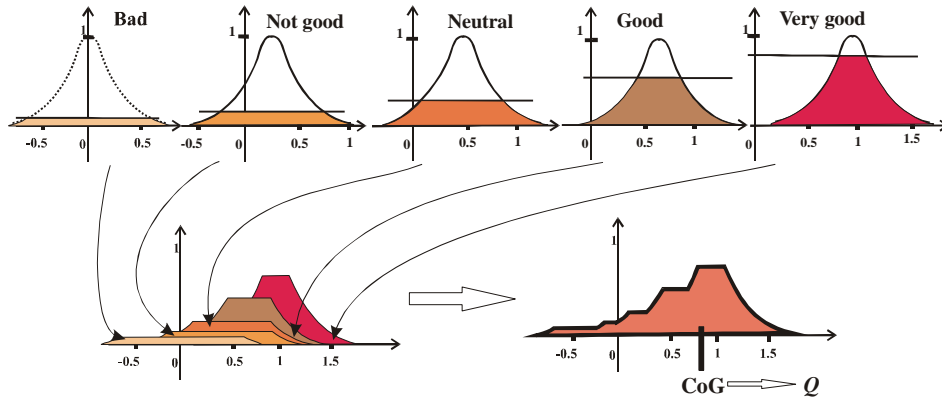
3.3.2.4. Агрегация и деразмиване

При агрегацията на правилата на всяка наредена тройка от стойности на входните променливи (r^* , s^* , q^*) се съпоставя степен на принадлежност към съответния терм на изходната променлива:

$$\theta^* = \min(\mu_{1i}(r^*), \mu_{2j}(s^*), \mu_{3k}(q^*))$$

и съответно претеглените стойности $\theta^{**} = w \cdot \theta^*$.

След изпълнението на всяко правило са получени няколко степени на принадлежност за всеки от термите на изходната променлива Q -measure. При агрегацията от тези стойности се получава изходната величина (фиг. 3.8).



Фигура 3.8. Агрегация и деразвиване за получаване на стойността на Q на финансов актив

Като метод на деразвиване е избран методът на центъра на тежестта, при който се пресмята величината:

$$C_oG(Q) = \frac{\int_{-\infty}^{+\infty} x \cdot Q(x) \cdot dx}{\int_{-\infty}^{+\infty} Q(x) \cdot dx}$$

Тъй като функциите на принадлежност в модела FLQM са гладки, то при програмното реализиране на модела за числено пресмятане на интегралите е използван методът на правоъгълниците.

Пресметнатата точна стойност на Q за всеки актив се записва в базата от данни и след това може да бъде използвана както за оценка на индивидуален актив така и за конструиране на инвестиционни портфейли.

3.3. Управление на финансов актив

Получените точни стойности за Q на активите могат да бъдат използвани от инвеститора в процеса на вземане на решения.

Величината Q на актива е комбинация от три величини: възвращаемост, риск и отношението им. След провеждането на разнообразни емпирични тестове с реални данни на модела FLQM в различни интервали от време и за различни активи на БФБ, може да се твърди, че Q е показател за качеството на актива [14], [15], [23], (табл. 3.4)

Q	Качество	Инвестиционно действие
$Q < 0,4$	лошо	Продава
$0,4 \leq Q \leq 0,6$	неутрално	Задържа
$Q > 0,6$	добро	Купува

Таблица 3.4. Инвестиционно действие според Q на актива

Глава 4. Софтуерна система за управление на финансови активи FSSAM

4.1. Обща схема на FSSAM

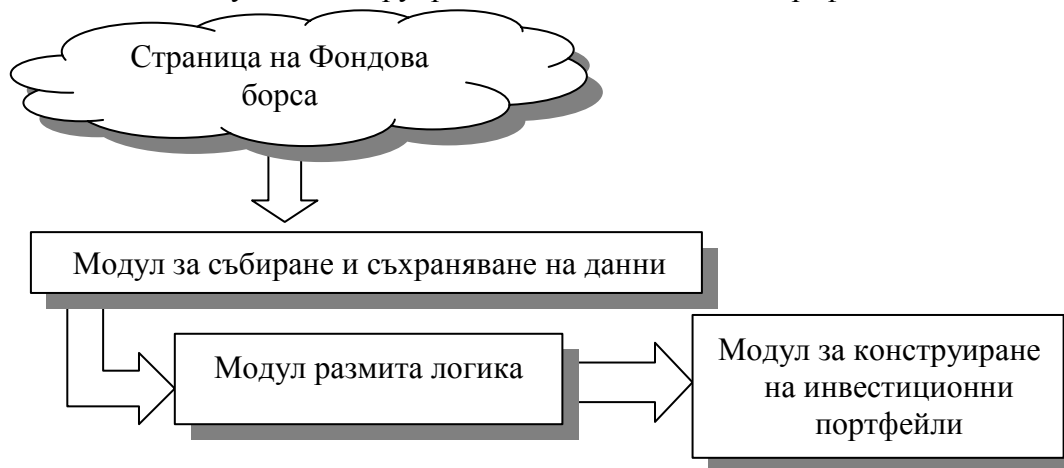
За реализиране на процедурите за събиране и съхраняване на данните, за оценяване на активите и за конструиране на инвестиционните портфейли е подходящо да се създаде цялостна софтуерна система, която да работи самостоятелно.

При създаването на софтуерната система е важно предварително да се зложат основни характеристики, определящи нейното качество: коректност, надеждност, стабилност, мащабируемост. [7]

На фигура 4.1 е представен концептуален модел на софтуерната система за управление на финансови активи FSSAM.

Софтуерната система приложение се състои от три модула:

- модул за събиране и съхраняване на данните;
- модул размита логика;
- модул за конструиране на инвестиционни портфейли.



Фигура 4.1. Схема на софтуерна система за управление на финансови активи FSSAM

Модулът за събиране и съхраняване на данни има следните функционалности:

- отправят се заявки към уеб сървър на фондовата борса;
- извършва се извличане на данните от свалените страници от фондовата борса;
- данните се записват в базата от данни,
- попълват се липсващите данни.

В модула размита логика:

- за всеки актив от базата от данни се извличат неговият код и трите характеристики – възвращаемост, риск и q -ratio и се прилага моделът FLQM, като се активира ма'ината за изводи, описана в предната глава, а именно:
 - пресмятат се съответните степени на принадлежност за характеристиките към размитите променливи;
 - прилагат се размитите правила за получаване на размита променлива Q -measure ;
 - след деразмиване за всеки актив се получават съответните стойности на Q , които се добавят в базата от данни.

В модула за конструиране на инвестиционни портфейли:

- потребителят въвежда две стойности:
 - инвестиционна сума S ;

- максимален брой активи (K), от които да бъдат съставени инвестиционните портфейли;
- за всеки актив от базата от данни се извличат неговият код, характеристики и стойност на Q ;
- активите се сортират в намаляващ ред според Q ;
- от така получения списък се генерират комбинации от първите k актива за всяко $k \leq K$;
- за всяка от комбинациите се изчислява относителният дял в съответния портфейл за всеки актив в зависимост от S ;
- получените портфейли се записват в базата от данни;
- извършва се процедура по алокация, ако е необходимо и новополучените портфейли се дописват в базата от данни;
- за всички получени до този момент портфейли се пресмятат характеристиките възвращаемост, риск и q -ratio;
- в модула размита логика за всеки портфейл се приприлага моделът FLQM за получаване на Q на тези портфейли;
- портфейлите, заедно с техните характеристики, съставлящите ги активи със съответните характеристики и дялове се извеждат на екран.

Автоматичното стартиране на софтуерната система е ежедневно чрез Windows Task Scheduler.

4.2. Събиране и съхраняване на данни (ССД)

С оглед програмната обработка на данните в реално време е подходящо процесът на събиране, съхраняване и обработка на данните да бъде реализиран като отделен модул за събиране и съхраняване на данни, в чиито елементи се извършват процедурите: отправяне на заявки, извличане на данни, попълване на липсващи данни, изчисляване на характеристики и запис в база данни (фиг. 4.2).

Следователно, при реализиране на *Отправяне на заявки* е необходимо предварително проучване на източника на информация. При работа с информация от БФБ са реализирани и двата метода за отправяне на заявки към сървъра на фондовата борса. След като кодът е извлечен, той се подава на *Парсване* за последваща обработка.

4.2.1. Извличане на данни

След осъществяване на заявката към уеб сървъра и сваляне на кода на страницата, обработката на кода се извършва с помощта на регулярен израз, при чието конструиране се взема под внимание точно кои данни представляват интерес, ще съществува ли проблем с липсващи данни и начина за съхраняване на данните.

4.2.2. Попълване на липсващи данни

Алгоритъмът за изчисляване на характеристиките на активите не допуска наличие на липсващи данни за активите. Но липсващи данни се появяват по различни причини. Тъй като фондовите борси работят само през делнични дни, то през почивните дни няма информация за никой от активите и котировките при затваряне се запазват до следващия работен ден. От друга страна има работни дни, в които даден актив не е търгуван и в този случай за него също липсват данни, но причината е съвсем различна – търсенето и предлагането не са стигнали до равновесие. Съществува и друга възможност за липсващи данни – заличаване на актива от борсовата търговия за някакъв период от време.

В този модел проблемът с липсващите данни се решава като редицата с цени се допълва, като се “допише” последната котировка съответния брой пъти, което е „подказано” от практиката на самите борси за почивните дни. При използване на

средногеометрична като оценка за възвращаемостта, това “дописване” не променя формулата за възвращаемостта. Наистина, ако се добавят липсващите за съответните дни наблюдения чрез повтаряне на последната котировка, се получава подредицата $P(t-1), \underbrace{P(t), \dots, P(t)}_{\Delta_t \text{ на брой}}, P(t+1)$ и при след елементарни преобразования се вижда, че формула (2.9) за логаритмичната средногеометрична възвращаемост е отново в сила.

4.2.3. Изчисляване на характеристики на активи

В модела за оценка на възвращаемостта се използва годишната възвращаемост, получена по формула (2.12), рискът се оценява чрез средноквадратичното отклонение по формула (2.14).

Като допълнителна възможност е предвидено инвеститорът да зададе граница на желана годишна възвращаемост r_0 и допустима граница на риска s_0 .

Така използваната в модела стойност на възвращаемостта е:

$$r^\circ = AR - r_0,$$

стойността на риска е:

$$\sigma^\circ = s_g - s_0,$$

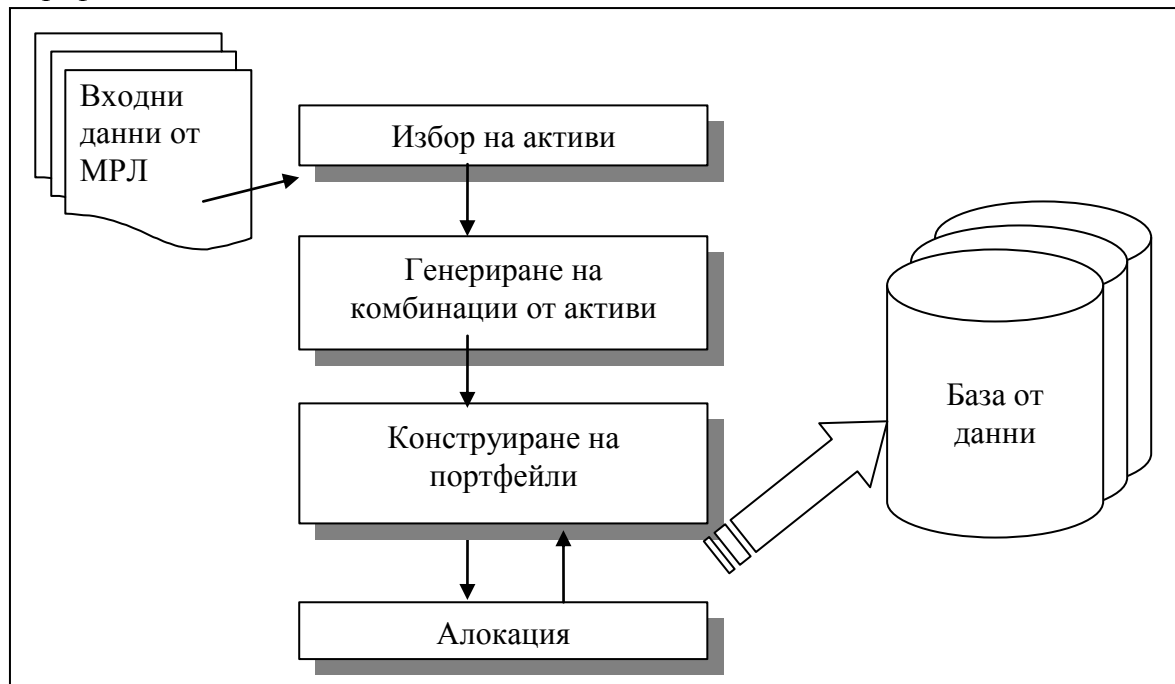
и коефициентът q – *ratio* е равен на:

$$q = \frac{r^\circ}{\sigma^\circ}.$$

Данните и получените резултати за характеристиките на всички активи се съхраняват в удобен формат в релационна база от данни.

4.3. Конструиране на инвестиционни портфейли с използване на Q-measure

На фигура 4.3 е показан модулет, в който се конструират инвестиционните портфейли.



Фигура 4.3. Схема на модул за конструиране на инвестиционни портфейли.

Входните данни се извличат от базата от данни. Те представляват характеристиките на финансовите активи, след като е приключила работата на модул Размита логика. Избор на активи селектира определен брой активи спрямо даден критерий, определен от инвеститора. От избраните активи се генерират комбинации от тези активи. След това се конструират портфейли от генерираните комбинации от активи. Тъй като е възможно изборът за инвестицията капитал да не бъде изразходен изцяло, се прилага процедура по алокация. Тази процедура модифицира портфейла с цел изчерпване на по-голямо количество от дадения капитал. Конструираните портфейли се съхраняват в база от данни и инвеститорът може да вземе своето решение.

Нека $A = \{A_1, A_2, A_3, \dots, A_n\}$ е множество от финансови активи. За всеки актив е изчислена Q въз основата на размита правила и размита изходна променлива, дефинирани в модула *размита логика*.

Нека K е максималният брой финансови активи, определени да участват в инвестиционен портфейл.

Целта е конструиране на инвестиционен портфейл (подмножество на A), който притежава възможно най-голяма Q .

Първо елементите на множеството от финансови активи се сортират спрямо тяхната Q . От сортираните активи се избират първите K на брой, след което се генерират комбинации без повторение. Първоначално се генерират комбинациите от 1-ви клас от K елемента, след което се генерират комбинациите от 2-ри клас от K елемента и така до K елемента K -ти клас. Така се изчерпват всички подмножества от избраните активи. Броят на тези подмножества е $2^K - 1$, тъй като не се включва празното множество, т.е. не съществува инвестиционен портфейл без активи. Всяка от генерираните комбинации представлява инвестиционен портфейл.

За всеки актив, участващ в инвестиционен портфейл, се пресмята относителния дял на актива в портфейла. Този относителен дял се означава с x_j и се пресмята по следната формула:

$$x_j = \frac{Q_j}{\sum_{j=1}^N Q_j}, \text{ където } N \text{ е броят на финансовите активи в}$$

инвестиционния портфейл, а Q_j е стойността на Q за j -я актив.

За всеки от конструираните инвестиционни портфейли се изчисляват характеристиките риск и възвращаемост. Портфейлната възвращаемостта R_p се изчислява по следната формула:

$$R_p = \sum_{j=1}^N x_j r_j,$$

където x_j е относителният дял на j -я актив в портфейла, а r_j е възвращаемостта на j -я актив.

Инвестиционният риск на портфейла се оценява като средно претеглено:

$$\sigma_p = \sum_{j=1}^N x_j \sigma_j$$

където x_j е относителният дял на j -я актив в портфейла, а σ_j е рискът на j -я актив.

За определяне на Q на инвестиционния портфейл отново се използва размита система за вземане на решение. Входните стойности на системата са рискът и възвращаемостта на портфейла, както и тяхното отношение $q_p = \frac{R_p}{\sigma_p}$.

4.4. Алгоритъм за максимално използване на капитала

Броят акции v_j , които трябва да се закупят от актива A_j се изчислява по формулата:

$$v_j = \left\lfloor \frac{S}{x_j P_j} \right\rfloor, \text{ където } x_j \text{ е относителният дял на актива в}$$

инвестиционния портфейл, P_j е цената на една акция от този актив, S е първоначалната сума за инвестиране, а със символа $[u]$ се означава най-голямото цяло число, по-малко от u .

Използваният на този етап капитал S_u се пресмята по следната формула:

$$S_u = \sum_{j=1}^N v_j P_j$$

В случай че останалият капитал $S - S_u$ е по-голям от предварително определен процент (толеранс) от първоначалния капитал, се прилага процедура по допълнителна алокация. Целта на тази процедура е закупуването на допълнително количество акции за максимално изчерпване на капитала. Първо се сравнява останалият капитал $S - S_u$ с цената на актива с най-голяма стойност на Q и ако тази цена е по-голяма от остатъка, се купуват максималният възможен брой акции от този актив. В обратния случай сравнението се извършва за следващия по ред актив в списъка. Този процес се повтаря, докато останалият капитал е достатъчно малък и не могат да се закупят допълнителни акции.

На всяка стъпка броят на допълнително закупените акции v_{ja} за даден актив се изчислява по формулата:

$$v_{ja} = \left\lfloor \frac{x_j(S - S_u)}{P_j} \right\rfloor,$$

където x_j е дялът на актива в инвестиционния портфейл, преди прилагане на процедурата по алокация, S е началният капитал, S_u е изразходеният до момента капитал, а P_j е цената на една акция от j -я актив.

4.5. Реализация на моделите

При реализацията на моделите е използвана платформата .NET Framework и езикът за програмиране C#, който е специално проектиран за тази платформа.

Софтуерната система съдържа 2217 реда първичен код.

Различните елементи на системата са реализирани и като отделни модули на C++ и в програмната среда MatLab, като тези допълнителни сорсове са използвани при тестовите за коректност на работа на софтуерната система за управление на финансови активи FSSAM.

Глава 5. Тестване на софтуерната система FSSAM с реални данни

За тестване на създадената софтуерна система за управление на финансови активи са изследвани следните параметри: време за изпълнение на програмата, достоверност на получените по модела FLQM оценки на единични активи, степен на изчерпване на капитала при различни първоначални суми, поведение на портфейлите в продължение на шест месеца. Използвани са данни от БфБ-София АД [33].

5.1. Време за изпълнение на програмата

При първоначално стартиране на системата всички активи са непознати (т.е. няма данни за тях) и за всеки от тези активите се извличат данни за една година назад. Времето, за което системата извлича, пресмята характеристиките на активите и ги

съхранява при първоначалното стартиране при един от проведените тестове (на 05.06.2012). и при открити данни за 42 актива, е 21.7933038 sec.

Времето за извличане, пресмятане на характеристиките на активите и тяхното съхранение при повторно стартиране на програмата (на следващия ден) при 22 непознати актива, е 18.5955095 sec системата работи с 64 актива.

При третото стартиране на системата се оказва, че няма непознати активи. В този случай времето на работа е значително по-малко (- 6.4896114 sec).

При провеждане на общо 10 теста за бързодействие, полученото време е от подобен порядък – по-малко от 2 минути. Може да бъде направен извод, че бързодействието на системата зависи от броя на непознатите активи за системата в конкретен момент, като при всяко следващо стартиране времето за изпълнение на програмата намалява. Но тъй като това време (2 минути, както е отбелязано по-горе) е пренебрежимо малко в сравнение на периода за сваляне на наблюдения и вземане на решение (24 часа), то системата работи достатъчно бързо, следователно на практика тя работи в реално време.

5.2. Резултати от приложението на модела FLQM за оценка на финансови активи

За демонстриране на резултатите от работата на приложението на модела FLQM с реални данни от Българската фондова борса е избран активът с код 5IC, отговарящ на Застрахователна компания Евро Инс, София. Използвани са данни за цената на актива в периода от 19.10.2011г. до 15.02.2012г.

Стойностите на характеристиките $X_1 \triangleq return$, $X_2 \triangleq Risk$ и $X_3 \triangleq q-ratio$ са показани в таблица 5.1, като степените на принадлежност към съответните терми са в таблици 5.2, 5.3 и 5.4.

$X_1 \triangleq return$	0,038834951
$X_2 \triangleq Risk$	0,035095505
$X_3 \triangleq q-ratio$	1,106550566

Таблица 5.1. Стойностите на трите характеристики за 5IC.

Терм	Степен на принадлежност
<i>Very low</i>	0,480592279
<i>Low</i>	0,002671793
<i>Neutral</i>	0
<i>High</i>	0
<i>Very high</i>	0

Таблица 5.2. Степени на принадлежност за възвращаемост 0,038834951 към термите на размитата променлива X_1 .

Терм	Степен на принадлежност
<i>много малък</i>	0,482459448
<i>малък</i>	0,4306245498
<i>Неопределен</i>	0,0007765479
<i>Голям</i>	0
<i>много голям</i>	0,209190962

Таблица 5.3. Степени на принадлежност на риск 0,035095505 към термите на размитата променлива X_2 .

Терм	Степен на принадлежност
<i>Small</i>	0,996557245

<i>Neutral</i>	0,004865305
<i>Big</i>	0

Таблица 5.4. Степени на принадлежност на възвращаемост-риск 1,106550566 към термите на размитата X_3 .

Следващата стъпка след размиването на входните променливи е да се приложат правилата за изводи, което е описано подробно в глава 3.

Агрегираните резултати от правилата се използват при формиране на изходната размита променлива $Y \triangleq Q\text{-measure}$.

След деразмиване на изходната променлива като краен резултат от действието на софтуерната система за оценка на актива 5IC се получава стойност 0.192199099, което, според описаните в глава 3 модели, показва доста лошо качество.

Приложението се използва за оценяване на всички активи, за които са свалени данни до конкретния момент. Резултатите от оценяването на 51 актива с данни от Българската Фондова Борса за периода от 19.10.2011г. до 15.02.2012г. са показани в таблица 5.5.

Код	Възвращаемост	Риск	Годишна норма на възвращаемост	Възвращаемост-Риск	Q
3JR	0,86588	0,00878	0,59763	68,0317	0,34158
4CF	0,80388	0,01906	0,41165	21,6024	0,19791
4EH	0,87871	0,02594	0,63614	24,5232	0,20375
5F4	0,84348	0,02959	0,53043	17,9287	0,20056
6C4	0,70206	0,02366	0,10619	4,48764	0,19297
E4A	0,86022	0,01301	0,58065	44,6162	0,28087
1VX	1,17391	0,01598	1,52174	95,2483	0,80900
3JU	0,98535	0,01714	0,95606	55,7954	0,34062
3MZ	0,9636	0,03284	0,89081	27,1293	0,23761
3NB	0,88569	0,02745	0,65706	23,9397	0,20406
3NJ	0,92778	0,03047	0,78333	25,7124	0,21761
3ZL	0,57388	0,03674	-0,2784	-7,5773	0,18919
4BJ	0,92946	0,01994	0,78837	39,5334	0,28443
4I8	0,75111	0,03454	0,25333	7,33382	0,19471
4ID	0,91796	0,02987	0,75389	25,2389	0,21195
4IN	0,73468	0,05748	0,20403	3,54992	0,1938
4L4	1,3125	0,0228	1,9375	84,9622	0,82888
4O1	0,77039	0,04901	0,31116	6,34955	0,19614
52E	0,77956	0,03154	0,33867	10,7391	0,19668
53B	0,76792	0,03119	0,30375	9,73956	0,19594
55B	0,87291	0,01459	0,61872	42,4134	0,27763
57B	1,02665	0,02625	1,07994	41,1446	0,34086
5BN	1,09127	0,01054	1,2738	120,84	0,81218
5IC	0,67961	0,0351	0,03883	1,10655	0,1922
5MH	0,86707	0,01985	0,6012	30,2933	0,25051
5ODE	0,92487	0,02239	0,77462	34,5974	0,27467
5ORG	1	0	1	0	0,19943
5OTZ	0,60976	0,03989	-0,1707	-4,2797	0,19051
5SR	0,7616	0,0267	0,2848	10,6649	0,19536
5V2	1,17043	0,03182	1,51129	47,5021	0,51089
6A8	0,94975	0,00983	0,84925	86,4039	0,78095
6A9	1	0,03503	1	28,5484	0,26337

6AB	0,91379	0,00709	0,74138	104,603	0,80937
6C4P	0,94717	0,02696	0,8415	31,2182	0,26877
6L1	0,69	0,03249	0,07	2,15438	0,19252
6S5	1,30435	0,0211	1,91304	90,6738	0,81145
6S7	0,66667	0,04533	0	0	0,19178
AO0	1,17958	0,04112	1,53874	37,4181	0,50135
C81	0,71667	0,3248	0,15	0,46182	0,20175
E4AP	0,9986	0,01688	0,99581	59,0087	0,35244
G0A	1,13636	0,01319	1,40909	106,855	0,81151
SO5	1,0582	0,01477	1,1746	79,5393	0,75408
4EC	1,72136	0,02378	3,16409	133,044	0,81247
5BD	1,0679	0,03434	1,2037	35,0483	0,36046
5BU	1,22139	0,02292	1,66418	72,6153	0,68653
5H4	1,15873	0,00812	1,47619	181,686	0,81245
6A6	1,12038	0,01152	1,36113	118,107	0,81215
6BMA	0,80769	0,03925	0,42308	10,7795	0,19841
6F3	1,00442	0,03394	1,01327	29,8562	0,279
BLKC	0,96061	0,02072	0,88182	42,5645	0,30396
ZNOA	1,38056	0,07691	2,14167	27,8465	0,68352

Таблица 5.5. Резултати от оценяването на 51 актива.

5.3. Изследване на характеристиките и управление на актив

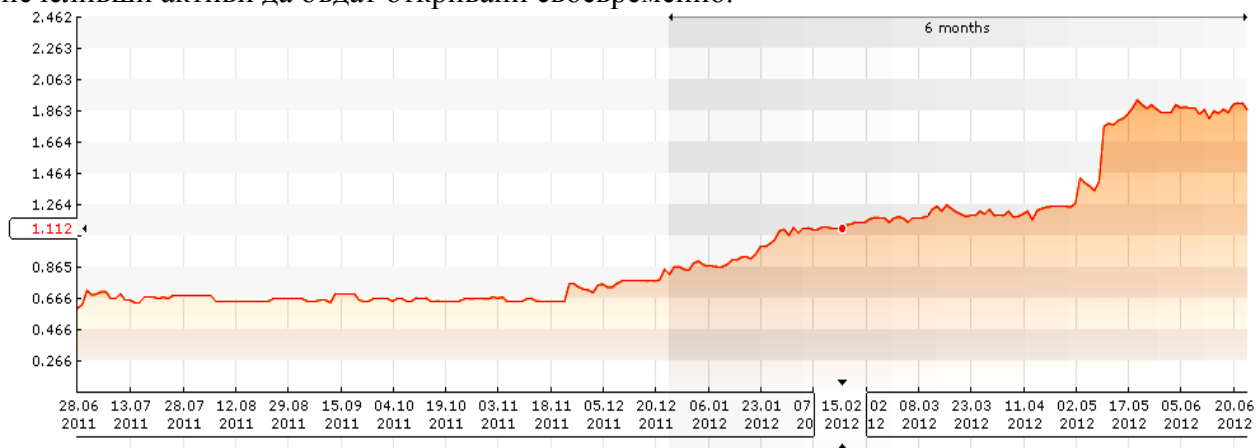
В тази точка детайлно са показани и анализирани резултатите за 5 от записаните в базата общо 51 актива, за които на Българската фондова борса е имало сделки в периода от 01.06.2012 до 15.06.2012.

За сравняване на получените резултати с реалното изменение на цените на активите системата е симулирана да работи на предна дата и в случая това е 15.02.2012 (три месеца назад). За изследването са избрани активите с кодове: 4EC, E4A, 55B, 6F3, 3NB, тъй като всеки от тези активи има различно поведение в съответния 3-месечен период.

При симулациите със старата дата са използвани редици с цени, които са с дължина 10, 25, 50, 100, 120, 150 и 200 дни преди конкретната дата. Това е направено с цел да се направят емпирични наблюдения върху зависимостта на достоверността на оценките и дължината на използваната редица от цени

5.3.1. Изследване на характеристиките на актива 4EC

Като първи актив е избран 4EC. За този актив се забелязва значително увеличение на цената за разглеждания 3-месечен период след 15.02.2012 (фиг. 5.4.). Важно е такива печеливши активи да бъдат откривани своевременно.



Фигура 5.4. Едногодишна графика на цените на актива 4EC.

В таблица 5.6. са показани получените на 15.02.2012 резултати за възвращаемост, риск, годишна норма на възвращаемост, q -ratio и Q . Стойностите на Q за всички периоди е по-голяма от 0,75, което е индикация за стабилно повишаване на цената му, според заложената в системата и описана в глава 3 методология.

4ЕС					
Период	Възвращаемост	Риск	Годишна норма на възвращаемост	Възвращаемост/Риск	Q
10	1,000000	0,005822621	1,000000	171,7439757	0,81244408
25	1,17921527	0,021573573	3,509013786	162,6533453	0,812479437
50	1,287037037	0,019055353	3,009259259	157,9219874	0,812481545
100	1,732087227	0,025468852	3,196261682	125,4968862	0,812469577
120	1,721362229	0,023782192	3,164086687	133,0443653	0,812474403
150	1,609261939	0,022748406	2,218523878	97,52436543	0,811988257
200	1,637702504	0,021201632	1,637702504	77,24417096	0,755784754

Таблица 5.6. Изменения на характеристиките за различни периоди на актива 4ЕС.

5.3.2. Изследване на характеристиките на актива Е4А

Следващият избран актив е Е4А, показващ трайно намаление на цената си в разглеждания период. На фигура 5.5. е показана графика за едногодишното изменение на цената на актива Е4А.



Фигура 5.5. Едногодишна графика на цените на актива Е4А.

В таблица 5.7 са показани получените резултати за възвращаемост, риск, годишна норма на възвращаемост, q -ratio и Q . Системата отново е тествана за различни периоди назад от избраната дата 15.02.2012г.: 10, 25, 50, 100, 120, 150 и 200 дни. Стойностите на Q за всички периоди е по-малка от 0,3, което е индикация за намаляване на цената му.

Е4А					
Период	Възвращаемост	Риск	Годишна норма на възвращаемост	Възвращаемост/Риск	Q
10	0,960625524	0,015526168	-0,417481151	-26,88887316	0,187568107
25	0,924979833	0,012023871	-0,050282334	-4,181875659	0,190703978
50	0,86000000	0,01324307	0,0200000	1,510223804	0,192185691
100	0,851485149	0,014001146	0,554455446	39,60071919	0,270097175
120	0,860215054	0,013014231	0,580645161	44,61617183	0,280867842
150	0,739784946	0,016090255	0,479569892	29,80499045	0,244071109
200	0,576504106	0,01762915	0,576504106	32,70175295	0,259088987

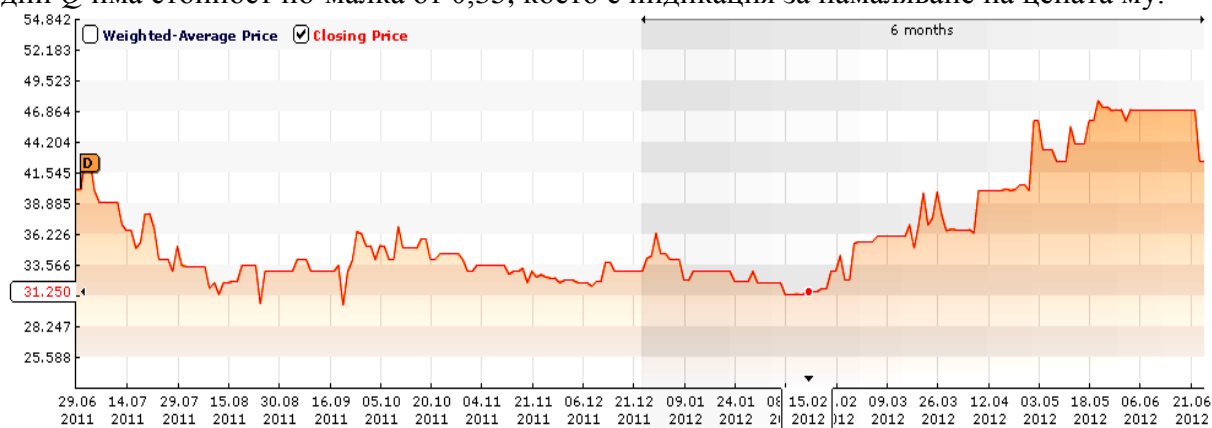
Таблица 5.7. Изменения на характеристиките за различни периоди на актива Е4А.

Данните от таблиците и графиките ясно показват, че котировките на актива Е4А се понижават. Интересно е да се отбележи, че този актив не е бил търгуван точно на 15.02.2012. Последната котировка е от 14.02.2012, т.е. тук е използвана процедурата за дописване на данните. По-важно е, че наистина за следващите три месеца цената му от 3,496 на 14.02.2012 пада до 3,098 на 10.05.2012.

Резултатите и в този случай удовлетворяват изискванията на системата и показват нейната правилна функционалност.

5.3.3. Изследване на характеристиките на актива 55В

В таблица 5.8 са показани получените резултати за възвращаемост, риск, годишна норма на възвращаемост, q -ratio и Q . След провеждане на тестове след съответния брой дни Q има стойност по-малка от 0,35, което е индикация за намаляване на цената му.



Фигура 5.6. Едногодишна графика на цените на актива 55В.

55В					
Период	Възвращаемост	Риск	Годишна норма на възвращаемост	Възвращаемост-Риск	Q
10	0,9765625	0,011132527	0,15625	14,03544718	0,193669716
25	0,946969697	0,011855241	0,257575758	21,72674217	0,19505254
50	0,910282552	0,016271766	0,371977862	22,86032478	0,197155223
100	0,932835821	0,01464274	0,798507463	54,53265145	0,304627247
120	0,872905028	0,014587716	0,618715084	42,41343206	0,277629998
150	0,946969697	0,021217156	0,893939394	42,13285695	0,304541603
200	0,889046942	0,022171535	0,889046942	40,09857365	0,298748941

Таблица 5.8. Изменения на характеристиките за различни периоди на актива 55В.

Но на фигура 5.6 ясно се вижда, че в периода след избраната дата, цената на актива рязко се увеличава от 31.032 лв. на 15.02.2012 до 43.50 на 08.05.2012. Разбира се това покачване няма как да бъде уловено от предходните данни, които показват колебание на цената около 32 лв. Точно поради тази причина системата е проектирана и реализирана да се стартира всекидневно и автоматично. За този актив Q започва да е по-голямо от 0,6 още на 12.03.2012, което означава, че системата достатъчно бързо установява предстоящото увеличение.

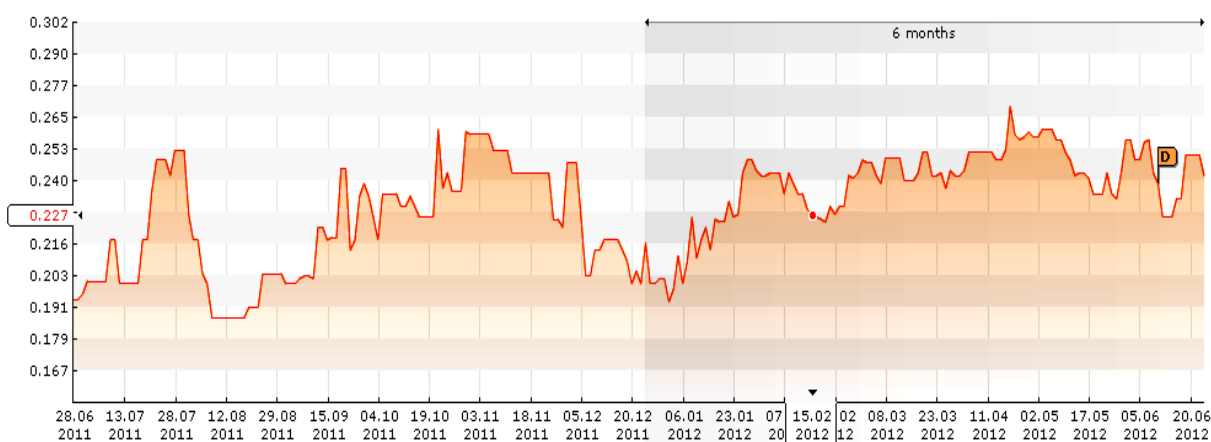
5.3.4. Изследване на характеристиките на актива 6F3

Получените резултати за 6F3 са показани в таблица 5.9. Особеното за този актив е, че цената му се покачва и намалява за кратък период от време, т.е. няма стабилна

тенденция. За всички тестови периоди (с изключение на 50 дни) Q е по-малка от 0,3, което е индикация за лошото качество на актива.

БФЗА					
Период	Възвращаемост	Риск	Годишна норма на възвращаемост	Възвращаемост-Риск	Q
10	0,934156379	0,01946805	-1,37037037	-70,39073546	0,187452133
25	0,978448276	0,02046941	0,698275862	34,11314124	0,267781242
50	1,135	0,028895226	1,945	67,31215726	0,806578552
100	0,900793651	0,031442889	0,702380952	22,33830875	0,206135912
120	0,900793651	0,031442889	0,702380952	22,33830875	0,206135912
150	1,041284404	0,035511066	1,082568807	30,48539287	0,296604838
200	0,900793651	0,033562662	0,900793651	26,83915954	0,234670739

Таблица 5.9. Изменения на характеристиките за различни периоди на актива БФЗ.



Фигура 5.7. Едногодишна графика на цените на актива БФЗ.

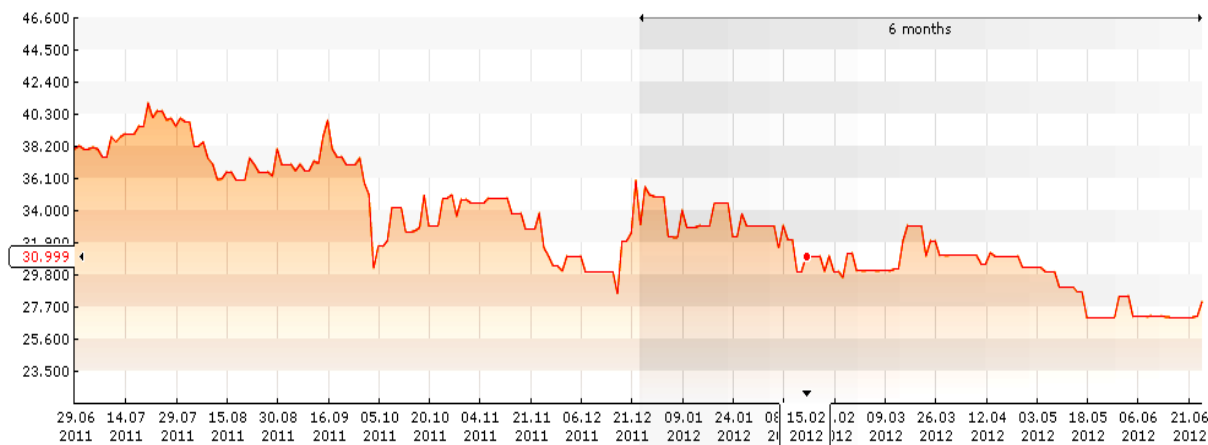
Справка с цената на актива потвърждава видяното на фигура 5.7 изменение на цената и в посока намаление и в посока увеличение. Такъв актив не е подходящ за инвестиция в контекста на ограниченията, описани в 1.5.

5.3.5. Изследване на характеристиките на актива ЗНВ

В таблица 5.10. са показани получените резултати за актива ЗНВ. При всички тестове Q има стойност 0,25, което е сигурна индикация за намаляване на цената му, което е очевидно и от графиката на фигура 5.8.

ЗНВ					
Период	Възвращаемост	Риск	Годишна норма на възвращаемост	Възвращаемост-Риск	Q
10	0,939363636	0,035897115	-1,182909091	-32,95276236	0,18750712
25	0,899825835	0,027079179	-0,402438316	-14,86154054	0,188015624
50	0,885685714	0,024735916	0,1998	8,077323627	0,194082205
100	0,890775862	0,028540179	0,672327586	23,55723105	0,204556218
120	0,885685714	0,0274463	0,657057143	23,93973464	0,20405607
150	0,815763158	0,029308894	0,631526316	21,54725865	0,203279057
200	0,78478481	0,026752295	0,78478481	29,33523306	0,252526407

Таблица 5.10. Изменения на характеристиките за различни периоди на актива ЗНВ.



Фигура 5.8. Едногодишна графика на цените на актива 3NB.

Извод: Софтуерната системата за оценка на финансови активи, базирана на модела FLQM коректно и своевременно успява да открие тенденциите в изменението на цените на търгуваните на БФБ акции.

5.4. Инвестиционен портфейл

За първоначално конструиране на всички описани по-надолу портфейли са използвани котировките от 20.06.2012 г. на акциите, търгувани на БФБ.

Описаната в глава 4 софтуерна система FSSAM извежда като резултат от модула за конструиране на инвестиционни портфейли следните данни: кодовете на включените в портфейла акции, цената на всяка акция, брой закупени акции, дела на актива в портфейла, характеристиките на всяка акция, както и характеристиките на самия портфейл.

5.4.1. Конструиране на инвестиционен портфейл с дялове на активите, зависещи от Q

При реализиране на модела за конструиране на портфейл, се извършва сортиране в низходящ ред в зависимост от стойността на Q на търгуваните активи. В таблица 5.11 са показани двадесет и петте актива, за които стойността на Q е най-голяма на 20.06.2012. С тях е конструиран инвестиционен портфейл, като дялове на активите са получени по формула 3.4. Инвестиционният капитал е 100 000 лв.

Име на актив	Цена на една акция	Брой закупени акции	Дял	Риск	Годишна норма на възвращаемост	Q
3JU	45	140	0.0633169	0.0241193	1.99408284	0.8291928
5ORG	90	68	0.0620385	0.0024739	1	0.81245
6A6	1.74	3565	0.0620379	0.0123787	1.85524372	0.8124423
BLKC	0.471	13171	0.0620355	0.0222177	2.52884615	0.8124111
4EC	1.91	3247	0.0620326	0.0275439	2.86830926	0.8123728
SO5	1.846	3360	0.0620319	0.0087443	1.18275862	0.8123643
5BD	0.754	8225	0.0620170	0.0087146	1.04851752	0.8121686
5BN	3.95	1566	0.0618683	0.0116723	1.2027027	0.8102220
57B	50	123	0.0617929	0.0330505	2.6875	0.8092345

55B	42.5	145	0.0617658	0.0271792	1.96134966	0.8088787
4L4	40	143	0.0573309	0.010419	0.85714286	0.7508000
1VX	2.73	1209	0.0330179	0.0183997	1.19921875	0.4323995
4BJ	1.188	2767	0.0328755	0.0260985	1.22826087	0.4305343
5BU	0.5	6447	0.0322369	0.0144816	0.98804781	0.4221720
6F3	0.244	11456	0.0279527	0.018326	1.0373444	0.3660662
5H4	14	177	0.0247831	0.0195123	0.89655172	0.3245579
6C4P	1.707	1243	0.0212330	0.0175938	0.70952381	0.2780657
3NB	27	78	0.0211748	0.0139949	0.59615385	0.2773041
E4A	3.013	671	0.0202315	0.0193644	0.65540541	0.2649496
5V2	5.55	356	0.0197821	0.0318552	0.92105263	0.2590652
6AB	47	41	0.0196215	0.0231535	0.71148632	0.2569616
3JR	2.25	856	0.0192648	0.0135707	0.4333093	0.2522899
4I8	1.461	1246	0.0182115	0.0245231	0.68566176	0.2384963
AO0	1.493	1065	0.0159043	0.0363463	0.73777506	0.2082814
3MZ	0.701	2202	0.0154412	0.0332106	0.59309494	0.2022173

Таблица 5.11. 25 актива с най-голяма стойност на Q

От формули 2.16 и 2.19 за портфейла, конструиран с тези активи се получават следните характеристики:

- Възвращаемост на конструирания портфейл $R_p = 1,4652573$,
- Риск на конструирания портфейл $s_p = 0,0185322$.

След прилагане на модела FLQM се получава, че

- Q на конструирания портфейл 0,7583479.

В случая

- Неизползваният капитал е 232,27 лв.

За сравнение, инвестиционен портфейл, конструиран със същите активи, но с равни относителни дялове ($x_j = 0,04$ за всяко j) има следните характеристики:

- Възвращаемост на конструирания портфейл $R_p = 1,2231736$.
- Риск на конструирания портфейл $s_p = 0,0199578$;
- Q на конструирания портфейл 0,44440461;
- Неизползван капитал 120,65 лв.

След сравняване на резултатите се установява, че инвестиционният портфейл с дялове на активите, зависещи от Q запазва по-висока стойност на Q на портфейла като цяло, независимо от факта, че в портфейла участват активи с ниска стойност на Q .

За проследяване на инвестиционен портфейл във времето на следващия ден е конструиран портфейл само от първите десет актива от таблица 5.11 с инвестиционен капитал отново 100 000 лв. Изменението на капитала след инвестиране в този портфейл е показано в таблица 5.12.

Име на актив	Брой закупени акции	Дял в портфейла	20.06.2012		02.07.2012	
			Цена на една акция	Инвестира на сума	Цена на една акция	Инвестира на сума
3JU	204	0,10196994	50	10200.00	45.012	9182.45
5ORG	111	0,09991100	90	9990.00	90	9990.00

6A6	5742	0,09991006	1.74	9991.08	1.783	10237.99		
BLKC	22300	0,09990622	0.448	9990.40	0.48	10704.00		
4EC	5400	0,09990151	1.85	9990.00	1.91	10314.00		
SO5	5708	0,09990047	1.75	9989.00	1.875	10702.50		
5BD	13228	0,09987639	0.755	9987.14	0.738	9762.26		
5BN	2588	0,09963701	3.85	9963.80	4.07	10533.16		
57B	211	0,09951558	47	9917.00	48.6	10254.60		
55B	211	0,09947182	47	9917.00	42.52	8971.72		
общо		1		99935.42		100652.68		
разлика				-64.58		717.26		
Име на актив	Брой закупени акции	Дял в портфейла	16.07.2012		15.08.2012		14.09.2012	
			Цена на една акция	Инвестирана сума	Цена на една акция	Инвестирана сума	Цена на една акция	Инвестирана сума
3JU	204	0,1019699	45.012	9182.45	49	9996.00	60	12240
5ORG	111	0,0999110	90	9990.00	81	8991.00	81	8991
6A6	5742	0,0999100	1.81	10393.02	2.018	11587.36	2.02	11598.84
BLKC	22300	0,0999062	0.53	11819.00	0.705	15721.50	0.685	15275.5
4EC	5400	0,0999015	1.91	10314.00	1.989	10740.60	2.02	10908
SO5	5708	0,0999004	1.705	9732.14	1.705	9732.14	1.754	10011.832
5BD	13228	0,0998763	0.798	10555.94	0.88	11640.64	0.956	12645.968
5BN	2588	0,0996370	4.5	11646.00	4.75	12293.00	5.28	13664.64
57B	211	0,0995155	47.5	10022.50	52	10972.00	59	12449
55B	211	0,0994718	44.5	9389.50	51.95	10961.45	52.5	11077.5
общо		1		112635.69		112635.69		118862.28
разлика				3109.13		12700.27		18926.86

Таблица 5.12. Тримесечно изменение на портфейл, конструиран от 10 актива с най-голяма стойност на Q на 21.06.2012

При конструиране на портфейла на 21.06.2012 използваният капитал $S_u = 99935.42$ лв., т.е. неизползваният капитал е 64.58 лв., което е 0.064568%.

След 15 дни (02.07.2012) цената на портфейла нараства с 717.26 лв. до 100 652.68 лв. Нормата на възвращаемост за периода е 0.72%, а съответната годишна норма на възвращаемост е 17.23%.

След 1 месец (16.07.2012) цената на портфейла е нараснала общо с 3109.13 лв., т.е. нормата на възвращаемост за периода е 3.11% и годишната е 37.33%.

След 2 месеца (15.08.2012) цената на така направената портфейлна инвестиция е нараснала вече с 12 700.27 лв., което е 12.71% норма на възвращаемост за периода и 76.25% за годината.

След 3 месеца (14.09.2012) цената е нараснала с 18 926.86 лв., което означава, че норма на възвращаемост за периода е 18.94% и 75.76% за годината.

Резултатите показват, че моделите са ефективно реализирани и основната цел – увеличаване на капитала в период около 3 месеца е изпълнена. Тук е важно да се отбележи, че по-късно активът 5ORG е заличен от фондовата борса, което само потвърждава хипотезата на автора, че ежедневната проверка на ситуацията с цените на активите е от изключително значение.

5.4.2. Изследване на зависимостта между големината на инвестиционния капитал и необходимостта от прилагане на процедура по допълнителна алокация

За изследване на зависимостта между големината на инвестиционния капитал и необходимостта от прилагане на процедура по допълнителна алокация са конструирани портфейли, съставени от 7 финансови актива. Конструираният портфейл са съставени от едни и същи активи, но с различен по размер инвестиционен капитал. Важно е да се отбележи, че процедура по допълнителна алокация не се прилага, ако неизползваният капитал е под 0,5% от размера на началния капитал.

1) *Инвестиционен портфейл с капитал 1 000 лв.*

Първоначален портфейл

- Възвращаемостта на конструирания портфейл е $R_p = 1.78318324$.
- Рискът на конструирания портфейл е $s_p = 0.01519687$.
- Q на конструирания портфейл 0.81230537.
- Неизползваният капитал е 66.58 лв.

Име на актив	Цена на една акция	Брой закупени акции	Дял	Риск	Годишна норма на възвращаемост	Q
3JU	45	3	0.14538565	0.0241193	1.99408284	0.82919283
5ORG	90	1	0.14245006	0.00247399	1	0.81245
6A6	1.74	81	0.14244872	0.01237877	1.85524372	0.81244236
BLKC	0.471	302	0.14244326	0.02221776	2.52884615	0.81241119
4EC	1.91	74	0.14243653	0.02754392	2.86830926	0.81237285
SO5	1.846	77	0.14243505	0.00874433	1.18275862	0.81236439
5BD	0.754	188	0.14240073	0.00871467	1.04851752	0.81216861

Таблица 5.13. Инвестиционен портфейл с капитал 1 000 лв.

Портфейл след първо прилагане на допълнителна алокация

Първоначално конструираният портфейл е с висок процент на неизползвания капитал (над 0,5%). За да се намали този процент се прилага процедура по допълнителна алокация и тогава:

- Възвращаемостта на портфейла е $R_p = 1.79868443$.
- Рискът на портфейла е $s_p = 0.01556071$.
- Q на портфейла е 0.81228124.
- Неизползваният капитал е 15.97 лв.

Рискът на този портфейл е по-малък от риска на първоначалния портфейл, възвращаемостта е по-голяма, но стойността Q е по-малка. Неизползваният капитал е намален до 15.97 лв., но все още е възможна процедура по допълнителна алокация, сле която:

- Възвращаемостта на портфейла е $R_p = 1.81988325$.

- Рискът на портфейла е $s_p = 0.01574007$.
- Q на портфейла е 0.81228817 .
- Неизползваният капитал е 4.64 лв.

2) *Инвестиционен портфейл с капитал 10 000 лв.*

Първоначален портфейл

- Възвращаемостта на портфейла е $R_p = 1.78318324$.
- Рискът на портфейла е $s_p = 0.01519687$.
- Q на портфейла е 0.81230537 .
- Неизползваният капитал е 92.61 лв.

Име на актив	Цена на една акция	Брой закупени акции	Дял	Риск	Годишна норма на възвращаемост	Q
3JU	45	32	0.14538565	0.0241193	1.99408284	0.82919283
5ORG	90	15	0.14245006	0.00247399	1	0.81245
6A6	1.74	818	0.14244872	0.01237877	1.85524372	0.81244236
BLKC	0.471	3024	0.14244326	0.02221776	2.52884615	0.81241119
4EC	1.91	745	0.14243653	0.02754392	2.86830926	0.81237285
SO5	1.846	771	0.14243505	0.00874433	1.18275862	0.81236439
5BD	0.754	1888	0.14240073	0.00871467	1.04851752	0.81216861

Таблица 5.16. Инвестиционен портфейл с капитал 10 000 лв.

Портфейл след първо прилагане на допълнителна алокация

- Възвращаемостта на портфейла е $R_p = 1.78389321$.
- Рискът на портфейла е $s_p = 0.01523645$.
- Q на портфейла е 0.81230164 .
- Неизползваният капитал е 30.04 лв.

След конструиране на инвестиционни портфейли с различен инвестиционен капитал се забелязва, че съществува зависимост между размера на инвестиционния капитал и неизползвания капитал (табл. 5.19).

Отношение капитал/максимална цена на акция	Неизползван капитал
$1000/90 = 11.(1)$	6.658 %
$10000/90 = 111.(1)$	0.9261 %
$100000/90 = 1111.(1)$	0.1597 %

Таблица 5.19. Зависимост между размера на инвестиционния капитал и неизползвания капитал.

Оказва се, че неизползваният капитал е значително по-голям, когато отношението инвестиционен капитал/максимална цена на акция в портфейла е малко. Количеството на неизползвания капитал намалява при увеличаване на инвестиционния капитал.

Прилагането на процедура по алокация зависи от процента на неизползвания капитал. В предложените тестове процентът, под който не се прилага допълнителна

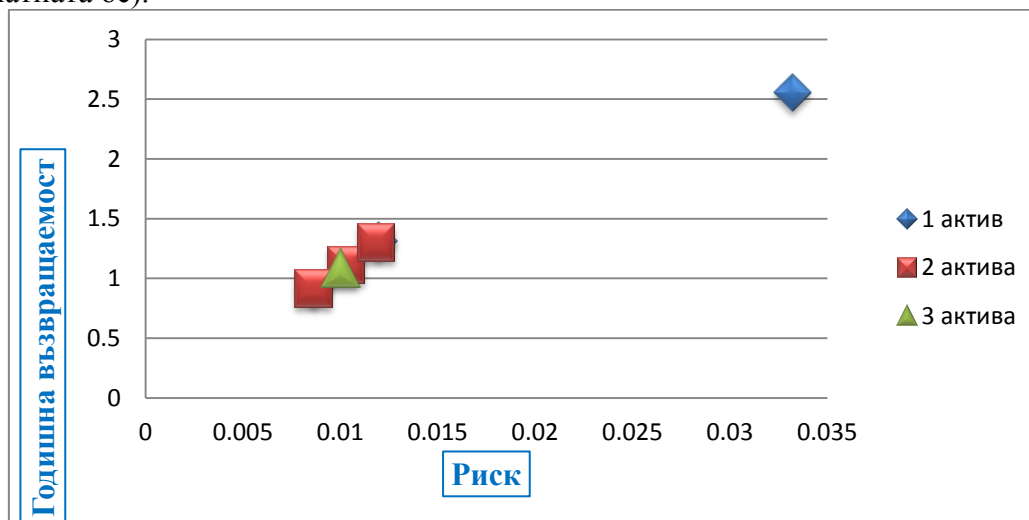
алокация, е 0,5%. Този процент се използва, за да се избегне правенето на разходи за трансакции в случай, че неизползваният капитал е малък.

5.4.3. Портфейли с фиксиран максимален брой активи

В приложението е предвидена и възможност за предварителен избор на максималния брой активи, от които да се конструира инвестиционния портфейл.

5.4.3.1. Портфейли с максимален брой три актива

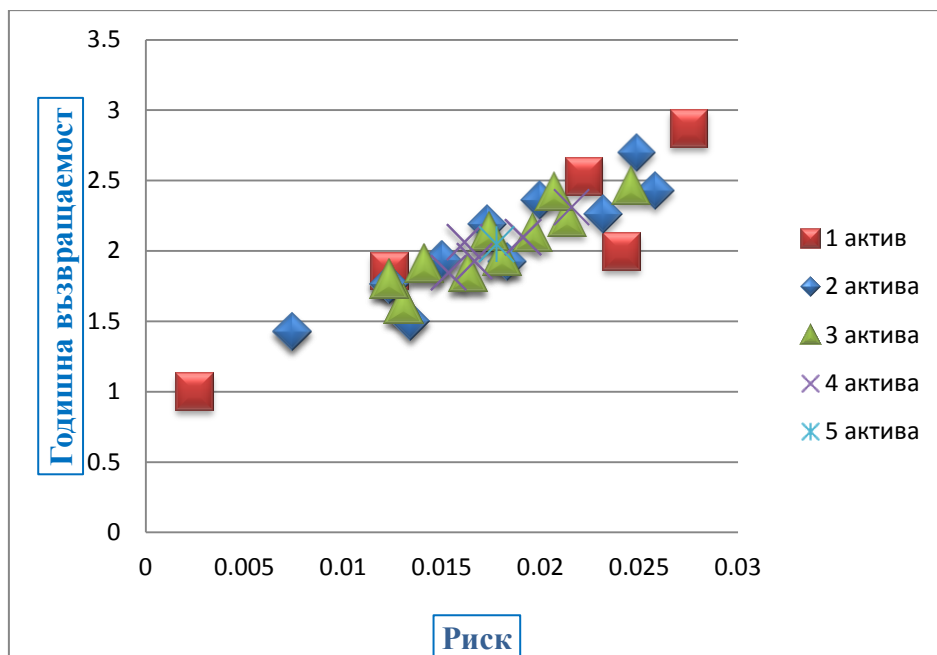
На 12.06.2012 е проведен тест на софтуерната система, като предварително е фиксиран първоначален капитал 100 лв. и три като максимален брой на активите в портфейлите. В портфейлите се включват трите актива с най-висока стойност на Q и това са активите с кодове 6A6, 57B и 5BU. Получените преди и след алокационната процедура портфейли са показани в Приложение 2. На фигура 5.9 е показано разположението на седемте получени портфейла след алокацията за изчерпване на капитала (инвестиционният риск е по абсцисната ос, а възвращаемостта е по ординатната ос).



Фигура 5.9. Инвестиционни портфейли с максимален брой три актива

5.4.3.1. Портфейли с максимален брой пет актива

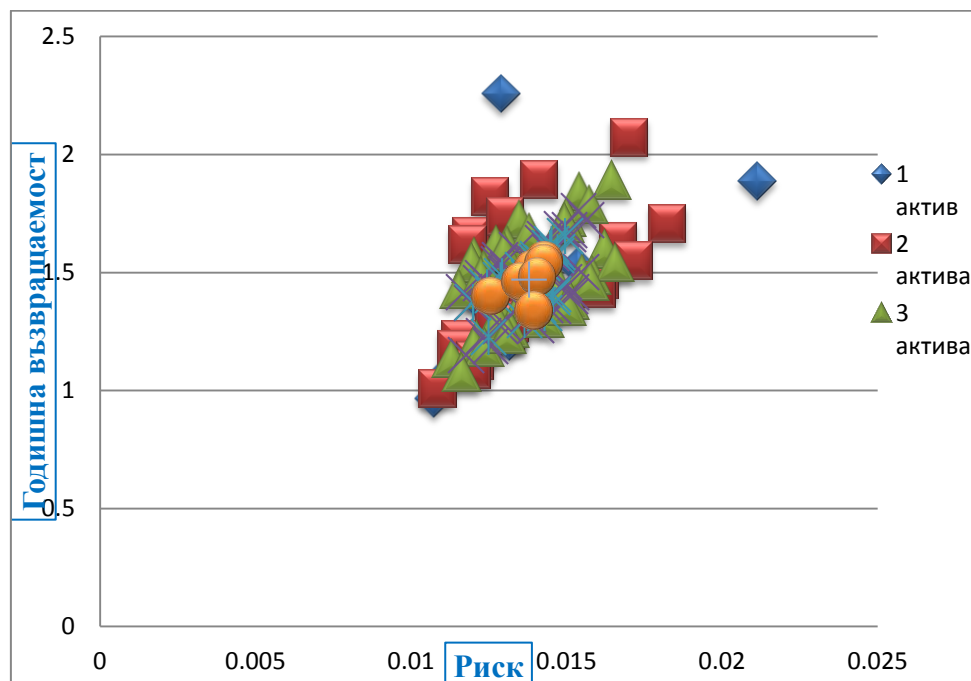
Нека инвеститорият предпочита да инвестира в портфейл, конструиран най-много от пет актива. След въвеждане на този брой на 18.09.2012, софтуерната система намира най-добрите пет актива (5BN, 6AS, 6A6, 5BD, 4EC) в зависимост от Q и генерира всички възможни комбинации от тях. Получават се общо 31 инвестиционни портфейла (Приложение 2). Първоначалният капитал е 10 000 лв. Всеки един от тях е представен като точка на фигура 5.10.



Фигура 5.10. Инвестиционни портфейли с максимален брой пет актива

5.4.3.1. Портфейли с максимален брой седем актива

На 21.11.2012 са конструирани всевъзможните портфейли при капитал 150 000 лв. и максимален брой на активите седем. От най-добрите активи (5BN, 6AS, 6A6, 5BD, 4EC, 3JR, 5ALB) са генерирани всички възможни комбинации, при което са получени 127 портфейла. Поради големия им брой само една част от тях са показани в Приложение 2. Всички портфейли са изобразени на фигура 5.11.



Фигура 5.11. Инвестиционни портфейли с максимален брой седем актива

Всички портфейли са подредени почти около права линия и това не е случайно. Базова постановка във финансовата наука е, че възвращаемостта е право пропорционална на поетия риск. Инвеститорът избира един (или повече) от тези

портфейли в зависимост от своето предпочитание, в зависимост както от желаната възвращаемост и риска, така и според броя на активите в портфейла.

Извод. От проведените тестове (част от които са включени в тази глава) може да се направи извод, че разработеният математически модел и програмната реализация на системата работят по очаквания начин. Моделът не определя най-добрия портфейл, а дава възможност на инвеститора да вземе своето решение на базата на информацията за финансовия пазар, предоставена от модела.

Заключение - основни резултати

Дисертационният труд представлява интердисциплинарно изследване за моделиране на процеса на управление на финансови инвестиции в реално време. Изследването е основано на подходите, концепциите и средствата на софтуерен компютинг с акцент върху размитата логика и размитите системи.

Основната цел, поставена в т. 1.6 е постигната, а именно

създадени, реализирани и тествани са модели, основани на средствата на софтуерен компютинг, за оценяване и управление на финансови инвестиции,

чрез създаване на самостоятелна софтуерна система FSSAM, работеща в режим реално време, която

- събира данни за цени на финансови активи автономно;
- отчита проблема с липсващите данни;
- дава оценки на характеристиките на активи в случай на ежедневни наблюдения чрез средногеометрична на логаритмуваните възвращаемости;
- анализира данните със средствата на размитата логика за получаване на оценка на активи;
- конструира портфейли при предварително фиксирани параметри: първоначален капитал и максимален брой използвани активи.

Резултатите от проведените тестове на софтуерната система FSSAM доказват нейната ефективност и надеждност.

Бъдещото развитие на системата е възможно основно в три направления:

- тестване на системата FSSAM с финансови данни от дуги източници на борсова информация;
- изследване на системата от размити правила за оптималност;
- създаване на хибридни адаптивни системи, използващи модела FLQM.

Основен недостатък на размитите системи е липсата на адаптивност към промени в околната среда, което може да бъде частично компенсирано с невронна мрежа за коригиране на параметрите на системата или с генетичен алгоритъм за оптимизиране броя на правилата и размитите променливи. Създаването на надеждна система, в която са включени средства и от трите области е истинско предизвикателство за всички изследователи, занимаващите се със софт компютинг.

Друг много интересен аспект в областта софт компютинг е систематично изследване на стабилността и скалираемостта на създадените вече хибридни системи.

Важни направления в развитието на софт компютинг са и използването на паралелни и грид компютърни системи за реализирането на хибридните системи.

Основните резултати имат научно-приложен характер и могат накратко да се систематизират така:

1. създаден и реализиран е модел за автономно събиране и анализиране на финансови данни;
2. създаден и реализиран е модел FLQM за използване на размита логика за подпомагане на вземане на решения, като са използвани характеристики на финансови активи, основани на средно геометрична стойност на логаритмичните възвращаемости, получени при дневни наблюдения;
3. изградена е работеща архитектура на интелигентна система;
4. създаден и реализиран е модел за конструиране на инвестиционен портфейл без къси продажби с ограничени финансови ресурси, използващ резултатите на модела FLQM;
5. създадена, реализирана и тествана с реални данни е самостоятелно работеща софтуерна система FSSAM за подпомагане на вземане на решения при управление на финансови активи.

Получените резултати показват, че средствата на софт компютинга, и в частност средствата на размитата логика са подходящо избрани за постигане на поставените цел и задачите на настоящия дисертационен труд.

Библиография (избрани източници)

- [1] Георгиев И., *Основи на инвестирането*. София: Университетско издателство "Стопанство", 1999.
- [2] Георгиева П., Оценка на характеристиките на инвестиционен портфейл, конструиран със средствата на софт компютинг. *Съвременни управленски практики VI*, pp. 299-303, 2009.
- [3] Георгиева П., Софт компютинг като направление в изкуствения интелект. *Бургаски свободен университет, Годишник*, vol. том XIX, pp. 317-325, 2008.
- [4] Костенаров К., Модификации на модела за оценка на капиталови активи, приложими на формиращи се капиталови пазари. НБУ, София, PhD, 2012.
- [5] Пътев П., Н. Канарян, *Управление на портфейла*. Велико Търново: Абагар, 2008.
- [6] Стоилов Т., З. Иванова, К.Стоилова, *Портфейлна оптимизация - информационна услуга в интернет*. София: Академично издателство "М. Дринов", 2005.
- [7] Стоянов Ст., Стоянова-Дойчева А., Трендафилова М., Дойчев Е., *Софтуерни технологии*. Университетско издателство "Паисий Хилендарски", 2006.
- [8] Цончев Р., Костенаров Кр., Приложими ли са моделът за оценка на капиталовите активи и неговите модификации на формиращите се пазари? *Корпоративните финанси на формиращите се пазари*. София: Нов български университет, 2012, pp. 56-85.
- [9] Atanassov Kr., Intuitionistic Fuzzy Set. *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 20, no. 1, pp. 87-96, August 1986.
- [10] Campbell J., A. Lo, C. MacKinlay, *The Econometrics of Financial Markets*.: Princeton University Press, 1996.
- [11] Craig W., C. French, The Treynor Capital Asset Pricing Model. *Journal of Investment Management*, vol. 1, no. 2, pp. 60-72, 2003.
- [12] Georgieva P., Distributions of Financial Assets Characteristics. in *XVI International Symposium SIELA*, vol. 1, 2009, pp. 101-106.
- [13] Georgieva P., I. Popchev, Application of Q-measure in Real Time Fuzzy System for Managing Financial Assets. *IJSC*, vol. 3, no. 4, pp. 21-38, 2012.
- [14] Georgieva P., I. Popchev, Cardinality Problem in Portfolio Selection. in *ICANNGA'13, LNCS 7824*, pp. 208–217, Lausanna, 2013.
- [15] Georgieva P., I. Popchev, Fuzzy Q-measure Model for Managing Financial Investments. *Compus Rendus Acad. Bulg. Sci.* , vol. ed., 2013.
- [16] Georgieva P., N. Chanev, A. Andonov, K. Dudinov, Managing Real Time Financial Data. *XVIII International Symposium SIELA*, vol. 2, 2012, pp. 379-386.
- [17] Konar A., *Artificial Intelligence and Soft Computing: behavioral and cognitive modeling of the human brain*. London: CRC Press LLC, 2000.
- [18] Lintner J., The valuation of risk assets and the selection of risky investments in stock portfolios and capital budgets. *Review of Economics and Statistics*, vol. 47, pp. 13-37, 1965.
- [19] Markowitz H., Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, vol. 7, no. 1, pp. 77-91, 1952.
- [20] Markowitz H., *Portfolio Selection: Efficient Diversification of Investments*. New York: John Wiley and Sons, 1959.
- [21] McCarthy J., *Artificial Intelligence, Logic and Formalizing Common Sense*. Stanford, 1990.
- [22] Peeva K., Y. Kyosev, *Fuzzy Relational Calculus: Theory, applications and Software*.

Advances in Fuzzy Systems- Applications and Theory, Lotfi Zadeh, Ed.: World Scientific Publishing Company, 2004.

- [23] Popchev I., P. Georgieva, "A Fuzzy Approach for Solving Multicriteria Investment Problems," in *EIAE 07*, New York, 2008, pp. 427-431.
- [24] Sharp W., Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *Journal of Finance*, vol. 19, no. 3, pp. 425-442, 1964.
- [25] Sharp W., The Sharp Ratio. *The Journal of Portfolio Management*, pp. 49-58, Fall 1994.
- [26] Treynor J., Towards a theory of market value of risky assets. unpublished manuscript, 1961.
- [27] Tseng C., P. Gmytrasiewicz, Real Time Decision Support System for Portfolio Management. in *35th Annual HICSS*, 2002, pp. 78-87.
- [28] Zadeh L., A Theory of Approximate Reasoning. *Machine Intelligence*, vol. 9, pp. 149-194, 1979.
- [29] Zadeh L., Fuzzy Sets. *Information and Control* 8, vol. 8, pp. 338-353, 1965.
- [30] Zadeh L., R. Bellman, Decision-making in A Fuzzy Environment. *Management Science*, vol. 17, no. 4, pp. 141-164, 1970.
- [31] Zadeh, L., Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes. *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, vol. SMC-3, no. 1, pp. 28-44, 1973.
- [32] zy www-bisc.cs.berkeley.edu.
- [33] zz www.bse-sofia.bg.
- [34] zz www.money.net.
- [35] zz www.personalstockstreamer.com.
- [36] zz www.wikinvest.com/account/portfolio/regx/start.

Публикации по темата на дисертацията

1. Popchev I., P. Georgieva. *A Fuzzy Approach for Solving Multicriteria Investment Problems*. In: *EIAE 07*, New York, pp. 427-431, 2008, ISBN:978-1-4020-8738-7.
2. Георгиева П. *Софт компютинг като направление в изкуствения интелект*. В: Годишник на Бургаски свободен университет, , том XIX, pp. 317-325, 2008, ISSN: 1311-221-X.
3. Георгиева П. *Оценка на характеристиките на инвестиционен портфейл, конструиран със средствата на софт компютинг*. В: Съвременни управленски практики VI, Бургас, pp. 299-304, 2009, ISSN: 1313-8758.
4. Georgieva P. *Distributions of Financial Assets Characteristics*. In: XVI International Symposium SIELA, vol. 1, pp. 101-106, 2009, ISBN: 978-954-323-530-8.
5. Georgieva P., N. Chaney, A. Andonov, K. Dudinov. *Managing Real Time Financial Data*. In: XVIII International Symposium SIELA, vol. 2, pp. 379-386, 2012, ISBN: 978-954-323-530-8.
6. Georgieva P., I. Popchev. *Application of Q-measure in Real Time Fuzzy System for Managing Financial Assets*. - *International Journal on Soft Computing*, vol. 3, no. 4, pp. 21-38, 2012, ISSN: 2229-7103.

7. Georgieva P., I. Popchev. *Fuzzy Q-measure Model for Managing Financial Investments*. - Compus Rendus Acad. Bulg. Sci. , Vol. 66, 2013, ISSN 1310-1331.

8. Georgieva P., I. Popchev. *Cardinality Problem in Portfolio Selection*. - M. Tomassini et al. (Eds.): ICANNGA'2013, LNCS 7824, pp. 208–217, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2013.

Участие в проекти по темата на дисертацията

1. Ръководител на научноизследователски проект № 5/ 2006 на тема „Конструиране на инвестиционен портфейл със средствата на размита логика и паралелно програмиране”, финансиран по НИД, БСУ.

2. Участник в научноизследователски проект № 3/ 2008 на тема „Изследване на инструментални средства за разработка на програмно осигуряване за вградени системи при управление на обекти в реално време”, финансиран по НИД, БСУ.

3. Ръководител на научноизследователски проект № 7/ 2008 на тема „Създаване и изследване на универсална библиотека за програмна реализация на размита логика”, финансиран по НИД, БСУ.

4. Участник в проект BG051P0001 - 3.3.04/40 "Изграждане на висококвалифицирани млади изследователи по съвременни информационни технологии за оптимизация, разпознаване на образи и подпомагане вземането на решения" на ИИТ към БАН през 2009-2011 по договор с МОМН по оперативна програма "Развитие на човешките ресурси".

БЛАГОДАРНОСТИ

Благодаря на акад. Иван Попчев, научен ръководител на изследването, за подкрепата и усилията, вложени в продължение на години.

Благодаря за финансовата подкрепа, получена по Проект BG051P0001 - 3.3.04/40 "Изграждане на висококвалифицирани млади изследователи по съвременни информационни технологии за оптимизация, разпознаване на образи и подпомагане вземането на решения" на ИИТ към БАН по договор с МОМН по оперативна програма "Развитие на човешките ресурси".

Благодарна съм на моите студенти: Мартин Петров, Иван Петков, Димитър Тодоров, Иван Миховски, Семо Кискинов, Кръстьо Дудинов, Андон Андонов и Николай Чанев за създаването на част от сорсовете и провеждането на част от тестове.